

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ & ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ  
ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ  
ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΤΗΣ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ»**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ Δ. ΔΗΜΟΥ**

Επιβλέπων Καθηγητής:  
Ιωάννης Κ. Μήτσιος, Ph.D.

**ΒΟΛΟΣ 2000**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 1961/1  
Ημερ. Εισ.: 23-10-2003  
Δωρεά:  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ ΓΦΖΠ  
2000  
ΔΗΜ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070292

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ & ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ  
ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ  
ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΤΗΣ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ»**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ Δ. ΔΗΜΟΥ**

Εξεταστική επιτροπή

**Ιωάννης Κ. Μήτσιος Ph.D.**  
Επιβλέπων Καθηγητής

**Χ. Γούλας**  
Μέλος

**Π. Λόλας**  
Μέλος

**ΒΟΛΟΣ 2000**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία δεν θα είχε τη σημερινή της μορφή, χωρίς την συνεργασία και συμπαράσταση κάποιων ανθρώπων, τους οποίους αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμότατα.

Η απαρχή των ευχαριστηρίων αναφορών μου δεν θα μπορούσε να αναφέρεται σε άλλον από τον Διευθυντή του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και επιβλέποντα καθηγητή μου, Ιωάννη Κ. Μήτσιο Ph.D.

Ο κ. Μήτσιος αποτέλεσε, μέσω των μαθημάτων που διδάσκει, το εφάλληριο της ενασχόλησής μου με τον τομέα της Εδαφολογίας. Τον ευχαριστώ για όλα τα διδάγματά του και ακόμη περισσότερο για το πολύ ενδιαφέρον θέμα με το οποίο επέλεξε να ασχοληθώ, αφού το τελευταίο με βοήθησε να διαμορφώσω μία άποψη για τα έως τώρα όρια των δυνατοτήτων μου. Δεσμεύομαι πως θα προσπαθήσω η μετέπειτα πορεία μου, να αποτελέσει μια δικαίωση της εμπιστοσύνης που επέδειξε προς το πρόσωπό μου.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω θερμές ευχαριστίες και προς το πρόσωπο της Χημικού του Α.Π.Θ. και υποψηφίας διδάκτορος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κας Ευαγγελίας Γκόλια, για την βοήθεια της στην διεξαγωγή της αναλυτικής διαδικασίας.

Οφείλω επίσης, να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες και προς τα δύο μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον καθηγητή κ. Χρήστο Γούλα και τον καθηγητή κ. Πέτρο Λόλα για τις πολύτιμες επισημάνσεις και παρατηρήσεις στις οποίες προέβησαν κατά την διόρθωση της πτυχιακής διατριβής μου.

Τέλος, θεωρώ ότι οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην, συνάδελφο και πολύ καλή φίλη, Ευαγγελία Χριστοδούλου, για την πολύτιμη συνεργασία και βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη προσπάθεια συγγραφής της παρούσης μελέτης.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## Σελίδα

Ευχαριστίες.....	i
Περιεχόμενα.....	ii
Περίληψη .....	v

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

##### ΕΔΑΦΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΙΟΝΤΩΝ

1.1. Επιφάνεια ανταλλαγής και ανταλλαγή ιόντων .....	1
1.2. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους και ανταλλάξιμα κατιόντα.....	2
1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους .....	2
1.4. Παράγοντες που επηρεάζουν τις ποσότητες των διαφόρων ανταλλάξιμων κατιόντων του εδάφους .....	4
1.5. Επίδραση των ανταλλάξιμων κατιόντων στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους .....	7

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

##### ΟΞΙΝΑ ΕΔΑΦΗ

2.1. Η οξύτητα του εδάφους.....	9
2.2. Η προέλευση της οξύτητας των εδαφών.....	10
2.2.1. Εισαγωγή .....	10
2.2.2. Το αργίλιο στο εδαφικό διάλυμα .....	11
2.3. Η οξύτητα της στερεής φάσης του εδάφους – Ανταλλάξιμο υδρογόνο και ανταλλάξιμο αργίλιο .....	12



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ**

#### **ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ**

3.1. Γενικές αρχές .....	15
3.2. Σφάλματα .....	17
3.3. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων και της C.E.C. με τη μέθοδο του οξικού νατρίου .....	17
3.4. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων και της C.E.C. με τη μέθοδο του οξικού αμμωνίου (αθροιστική μέθοδος) .....	18
3.5. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων της C.E.C. σε όξινα εδάφη .....	18
3.6. Σκοπός της εργασίας .....	19

## **ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

4.1. Προετοιμασία εδαφικών δειγμάτων .....	20
4.2. Μέθοδοι προσδιορισμού των ανταλλάξιμων κατιόντων και της C.E.C. του εδάφους .....	22
4.2.1. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων με τη μέθοδο του οξικού νατρίου .....	22
4.2.1.α. Προσδιορισμός του ανταλλάξιμου νατρίου .....	24
4.2.1.β.Βαθμονόμηση οργάνου .....	24
4.2.2. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων και της C.E.C. με τη μέθοδο του οξικού αμμωνίου (αθροιστική μέθοδος) .....	24
4.2.3. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων της C.E.C. σε όξινα εδάφη .....	25

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

**5.1.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....27**

**5.2.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....35**

**5.3.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....36**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....37**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (Cation Exchange Capacity, C.E.C.), μια χημική ιδιότητα του εδάφους, στην ικανότητα να συγκρατεί στις επιφάνειες της στερεής φάσης κατιόντα με αποτέλεσμα την εξουδετέρωση των ηλεκτρικών τους φορτίων. Τα κατιόντα που συγκρατούνται με αυτόν τον τρόπο είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το κάλιο, το αμμώνιο, αυξημένες ποσότητες νατρίου στα αλατούχα και στα νατριωμένα εδάφη. Στα όξινα εδάφη επικρατούν τα ιόντα αργιλίου και υδρογόνου.

Για τη συγκεκριμένη εργασία ελήφθησαν εδαφικά δείγματα από χαρακτηριστικές εδαφολογικές μονάδες της περιφέρειας Θεσσαλίας, από τους Νομούς Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων. Οι μέθοδοι προσδιορισμού της C.E.C. διαφέρουν από έδαφος σε έδαφος και εξαρτώνται από την τιμή του pH των εδαφών. Έτσι, για τον προσδιορισμό της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του 1M οξικού αμμωνίου, pH=7 και η μέθοδος του 1M οξικού νατρίου, pH=8,2. Στα όξινα εδάφη η C.E.C. προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του 1M χλωριούχου καλίου (KCl). Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους που προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M KCl καλείται ενεργός ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (Effective Cation Exchange Capacity, E.C.E.C.).

Έκτός από τον προσδιορισμό της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων στα εδαφικά δείγματα που μελετήθηκαν έγινε προσπάθεια να μελετηθεί η μεταβολή του ηλεκτρικού φορτίου στα όξινα εδάφη με τη μέθοδο 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7), και με τη μέθοδο 1M KCl. Επίσης να μελετηθούν οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7) και 1M CH<sub>3</sub>COONa (pH=8,2), σε ουδέτερα και ασβεστούχα εδάφη.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στα όξινα εδάφη η E.C.E.C. όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο 1M KCl είναι μικρότερη από την C.E.C., όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7).



Μεταξύ των μεθόδων 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH=7) και 1M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (pH=8,2) παρατηρείται μια αύξηση του ηλεκτραρνητικού φορτίου με τη μέθοδο του 1M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (pH=8,2).

# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## ΕΔΑΦΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΙΟΝΤΩΝ

### 1.1. Επιφάνεια ανταλλαγής και ανταλλαγή ιόντων

Τα ορυκτά της αργίλου, ο γκιψίτης, ο γκαιίτης, ο αιματίτης, τα ένυδρα και τα άμορφα υδροξείδια του σιδήρου και αργιλίου και ο εδαφικός χούμος, όλα φέρουν ηλεκτρικά φορτία στις επιφάνειες τους. Μερικά ορυκτά της αργίλου έχουν ένα μόνιμο αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο το οποίο συγκρατεί τα ανταλλάξιμα κατιόντα κοντά στις επιφάνειες τους. Άλλα ορυκτά της αργίλου (γκιψίτης, γκαιίτης κ.λ.π.) φέρουν ηλεκτρικό φορτίο το οποίο ποικίλει με το pH, και είναι θετικό σε χαμηλό pH και αρνητικό σε υψηλό pH, συγκρατώντας είτε κατιόντα είτε ανιόντα. Ο χούμος έχει επίσης αρνητικά φορτισμένες θέσεις, ο αριθμός των οποίων αυξάνεται όσο αυξάνεται το pH.

Αυτά τα μέρη συντελούν στο τελικό αρνητικό φορτίο. Ως αποτέλεσμα τα εδάφη χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες (Rowell, 1985).

1. Ανόργανα εδάφη στα οποία κυριαρχούν τα μόνιμα ηλεκτρικά φορτία στα 2:1 ορυκτά της αργίλου
2. Οργανικά εδάφη στα οποία κυριαρχούν τα αρνητικά φορτία που ποικίλουν με το pH.
3. Εδάφη όπου κυριαρχούν ο γκιψίτης, ο γκαιίτης, ο αιματίτης και τα ένυδρα υδροξείδια του σιδήρου, τα άμορφα υδροξείδια του σιδήρου και αργιλίου, ο καολινίτης, με μεταβλητό το ηλεκτρικό τους φορτίο.

Ωστόσο, δεν υπάρχουν ακριβή όρια μεταξύ των τριών αυτών ομάδων και για οποιοδήποτε έδαφος, το φορτίο εξαρτάται από τις ποσότητες και τις επιφάνειες των τριών ομάδων και για εδάφη στις ομάδες 2 και 3, από το pH και τη συγκέντρωση του διαλύματος.

Η αυξημένη αποσάθρωση των ορυκτών και πετρωμάτων που παρατηρείται στις υγρές τροπικές ζώνες της Γης δημιουργεί όξινα εδάφη που ανήκουν στην ομάδα 3 και αυτά μπορεί να φέρουν θετικό φορτίο και μόνο μικρές ποσότητες αρνητικών φορτίων.

Εδάφη της ομάδας 2 υπάρχουν σε ψυχρές και υγρές ζώνες του πλανήτη.

## **1.2. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους και ανταλλάξιμα κατιόντα**

Μεγάλος αριθμός κατιόντων συγκρατούνται στις επιφάνειες της στερεής φάσης του εδάφους με ηλεκτροστατικές δυνάμεις, με αποτέλεσμα την εξουδετέρωση των αρνητικών ηλεκτρικών φορτίων τους. Η ικανότητα αυτή του εδάφους να συγκρατεί στις επιφάνειες της στερεής φάσης κατιόντα με σκοπό την εξουδετέρωση των αρνητικών τους φορτίων χαρακτηρίζεται ως **ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους (Cation Exchange Capacity)**. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων παρουσιάζεται στη διεθνή βιβλιογραφία για συντομία ως C.E.C. και στην ελληνική βιβλιογραφία για συντομία ως I.A.K.

Τα κατιόντα που συνήθως συγκρατούνται με τον τρόπο αυτό είναι το ασβέστιο, μαγνήσιο, κάλιο, αμμώνιο, αυξημένες ποσότητες νατρίου στα αλατούχα και στα νατριωμένα εδάφη. Στα όξινα εδάφη κυριαρχούν τα ιόντα του αργιλίου και υδρογόνου.

Καθένα από τα στοιχεία αυτά χαρακτηρίζεται ως ανταλλάξιμο π.χ. ανταλλάξιμο κάλιο, ανταλλάξιμο ασβέστιο, ανταλλάξιμο μαγνήσιο κ.λ.π.

Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C.) εκφράζεται σε meq ανά 100g ξηρού εδάφους ή cmol<sub>c</sub>/kg ξηρού εδάφους.

## **1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους**

Οι τιμές της C.E.C. του εδάφους κυμαίνονται από 2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> μέχρι 60 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> και εξαρτώνται από τη περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο, από τον τύπο των ορυκτών της αργίλου και την περιεκτικότητα του εδάφους σε ορυκτά και την περιεκτικότητα του εδάφους σε χούμο (Rowell, 1985. Μήτσιος, 1999).

## ♦ Τα ορυκτά της αργίλου

Στον πίνακα (1) παρουσιάζονται οι τιμές της C.E.C. των ορυκτών της αργίλου. Ένα έδαφος που περιέχει 30% σμεκτίτες ( $100 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  σμεκτίτη) θα έχει C.E.C. περίπου  $30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  εδάφους όταν οι επιφάνειες είναι καθαρές και δεν έχουν υποβαθμιστεί.

**Πίνακας 1:** Τιμές C.E.C. των ορυκτών της αργίλου (Μήτσιος,2000)

Ορυκτό	Αρνητικό φορτίο $\text{cmol}_c/\text{kg}$
Καολινίτης	Μέχρι 10+
Αλλοφανή	20-50
Σμεκτίτες	100
Ιλλίτης	25(250)
Βερμικουλίτης	150
Χλωρίτης	10-40

## ♦ Ο χούμος

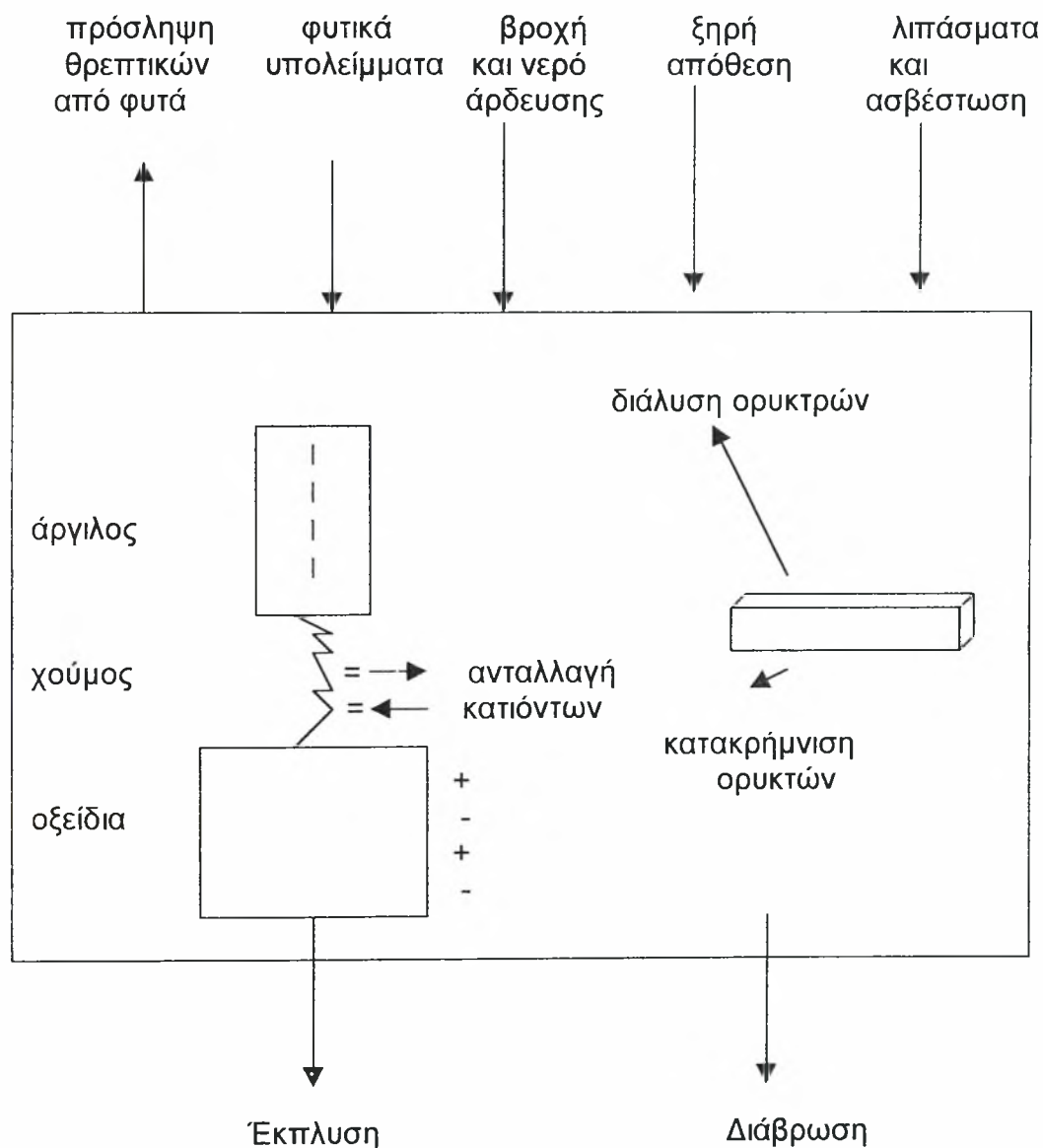
Ο χούμος διαθέτει ενεργό ηλεκτρικό φορτίο περίπου  $100 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  χούμου, που σημαίνει ότι η συμπεριφορά του χούμου στην C.E.C. του εδάφους πρέπει να είναι αξιόλογος. Η συμβολή του χούμου στην C.E.C. του εδάφους εξαρτάται από το pH του εδάφους, από τη συγκέντρωση του εδαφικού διαλύματος, από την αντίδραση του χούμου με τα ορυκτά του εδάφους και από την παρουσία των ορυκτών του γκιψίτη, του αιματίτη, του γκαιτίτη, των ένυδρων υδροξειδίων του σιδήρου και των άμορφων υδροξειδίων του σιδήρου και του αργιλίου.

## ♦ Οξείδια και υδροξείδια

Τα ορυκτά της ομάδας του γκιψίτη, του αιματίτη, του γκαιτίτη, των ένυδρων υδροξειδίων του σιδήρου και των άμορφων υδροξειδίων του σιδήρου και του αργιλίου ελάχιστα συμβάλλουν στην C.E.C. του εδάφους εκτός αν το pH είναι μεγαλύτερο του 7.

#### 1.4. Παράγοντες που επηρεάζουν τις ποσότητες των διαφόρων ανταλλάξιμων κατιόντων του εδάφους

Οι ποσότητες των ανταλλάξιμων κατιόντων που απαντούν στα εδάφη και διαμορφώνουν την C.E.C. αυτών εξαρτώνται από τις εισροές και τις εκροές όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 2 (Μήτσιος,1999)



**Εικόνα 1.** Εισροές και εκροές ανταλλάξιμων κατιόντων στα εδάφη (Μήτσιος,2000)



Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις ποσότητες των ανταλλάξιμων ιόντων των εδαφών είναι οι εξής :

- I. Η διάλυση των ορυκτών από τα νερά των βροχών και από τα νερά του φρεατίου ορίζοντα και η ατμοσφαιρική απόθεση στις παράκτιες ζώνες αποτελούν τις φυσικές εισροές για τα ανταλλάξιμα κατιόντα του εδάφους. Τα χημικά λιπάσματα μαζί με την ασβέστωση των εδαφών και τα νερά άρδευσης προσθέτουν αξιόλογα ποσά ανταλλάξιμων κατιόντων στα καλλιεργούμενα εδάφη.
- II. Η έκπλυση των θρεπτικών στοιχείων απομακρύνει από το έδαφος αξιόλογα ποσά κατιόντων.

Η στερεή φάση του εδάφους χαρακτηρίζεται από την ικανότητα της εκλεκτικής προσρόφησης κατιόντων. Η εκλεκτική αυτή προσρόφηση και ιδιαίτερα η ισορροπία που επικρατεί μεταξύ των ανταλλάξιμων κατιόντων που συγκρατούνται στη στερεή φάση του εδάφους και των ομοίων κατιόντων στο εδαφικό διάλυμα περιγράφεται από εξισώσεις που φαίνεται να ακολουθούν ορισμένες αναγωγικές σχέσεις.

Σε πολλά αρδεύόμενα εδάφη ανταλλάξιμα κατιόντα είναι το ασβέστιο και το μαγνήσιο και σε μικρότερο ποσοστό το ανταλλάξιμο κάλιο. Το ανταλλάξιμο νάτριο βρίσκεται σε ποσοστά που ποικίλουν.

Το νερό για την άρδευση των φυτών διηθείται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατανομής διαμέσου των εδαφικών πόρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έκπλυση κατιόντων με αποτέλεσμα την ανακατανομή των ανταλλάξιμων κατιόντων της στερεής φάσης και των κατιόντων στο εδαφικό διάλυμα.

Η εξίσωση Garon εκφράζει το λόγο των ανταλλάξιμων ιόντων  $\text{Na}^+$  προς τα ανταλλάξιμα κατιόντα και  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$  του εδάφους, ο δε λόγος αυτός είναι ανάλογος του λόγου των ενεργοτήτων των κατιόντων  $\text{Na}^+$  προς την τετραγωνική ρίζα των ενεργοτήτων των κατιόντων  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$  στο εδαφικό διάλυμα. Για πολλούς πρακτικούς λόγους μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις συγκεντρώσεις αντί των ενεργοτήτων των ανταλλάξιμων κατιόντων του νατρίου, του ασβεστίου και του μαγνησίου χωρίς να έχουμε μεγάλο σφάλμα.

Η εξίσωση Garon γράφεται ως εξής:

$$\frac{[NaX]}{[(Ca+Mg)^{1/2}X]} = K_G \frac{[Na^+]}{\sqrt{[Ca^{2+}+Mg^{2+}]}}$$

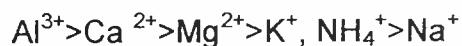
Ο συντελεστής  $K_G$  αντιπροσωπεύει το βαθμό εκλεκτικότητας του κάθε στοιχείου έναντι των συγκρινόμενων με αυτό και χαρακτηρίζεται ως συντελεστής εκλεκτικότητας.

Ο συντελεστής εκλεκτικότητας εξαρτάται από τις ιδιότητες των ορυκτών της αργίλου, από τις ιδιότητες των κατιόντων και από τη συγκέντρωση των ιόντων στο εδαφικό διάλυμα.

Ένας άλλος παράγοντας που συνδέεται με την πυκνότητα του φορτίου ανά  $cm^2$  επιφάνειας του ορυκτού είναι και το είδος της επιφάνειας. Διακρίνουμε τρία είδη επιφανειών στα ορυκτά:

- Τις θραυσιγενείς επιφάνειες,
- Τις δυο εξωτερικές επιφάνειες,
- Τις εσωτερικές επιφάνειες.

Οι εσωτερικές επιφάνειες συγκρατούν τα κατιόντα με ισχυρότερη δύναμη. Η δύναμη έλξης ενός κατιόντος από τη στερεή φάση εξαρτάται από το σθένος του κατιόντος. Είναι γνωστό ότι αυξανόμενου του σθένους του κατιόντος αυξάνεται η δύναμη έλξης του από τη στερεή φάση. Η σειρά ανταλλαγής έχει ως εξής:



Από τη σειρά αυτή διαπιστώνεται ότι τα δισθενή και τα μονοσθενή δεν έλκονται με την ίδια δύναμη. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο ενυδάτωμα που σχηματίζεται από τα ιόντα του εδαφικού διαλύματος. Ιόντα που έχουν μικρότερο ενυδάτωμα έλκονται ισχυρότερα εκείνων με μεγαλύτερο. Αυτό σημαίνει ότι το  $Na^+$  εκπλύνεται ευκολότερα από το  $Ca^{2+}$  και ότι το  $Ca^{2+}$  εκπλύνεται ευκολότερα από το  $Al^{3+}$ . Επίσης, το  $Na^+$  εκπλύνεται ευκολότερα από το  $K^+$ . Η σχετική αναλογία των κατιόντων στο εδαφικό διάλυμα παίζει ρόλο στη σειρά προτίμησης, έλξης, από τη στερεή φάση.

III. Η διάβρωση των εδαφών θεωρείται μια από τις πλέον σημαντικές απώλειες θρεπτικών στοιχείων. Στην Ελλάδα το 26,5% της συνολικής επιφάνειας, δηλαδή έκταση 35 εκατομμυρίων στρεμμάτων,

παρουσιάζει επιφανειακή φυλλοειδή διάβρωση, αυλακοειδή επιφανειακή διάβρωση και χαραδρώδη διάβρωση.

- IV. Τα φυτά αφαιρούν από το έδαφος τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την αύξηση τους. Τα φυτικά υπολείμματα των καλλιεργειών προσθέτουν σημαντικές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος (Μήτσιος,2000).

### **1.5. Επίδραση των ανταλλάξιμων κατιόντων στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους**

Η επίδραση των ανταλλάξιμων κατιόντων στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους είναι πολύ σημαντική. Η γνώση της κατιονικής αυτής δράσης βοηθάει στην επίλυση προβλημάτων άρδευσης, βελτίωσης και αξιοποίησης παθογενών εδαφών, όπως επίσης και στην εκτίμηση των μηχανικών ιδιοτήτων των εδαφών. Το είδος και η ποιότητα των προσροφημένων ανταλλάξιμων κατιόντων στα κολλοειδή επιδρά στην υφή, στην υδατοπερατότητα και υδατοικανότητα των εδαφών. Για παράδειγμα εδάφη πλούσια σε ανταλλάξιμο ασβέστιο εμφανίζουν συνήθως πολύ καλά ανεπτυγμένη κοκκώδη υφή. Αντίθετα εδάφη πλούσια σε νάτριο έχουν κακή υφή και δυσμενείς καλλιεργητικές ιδιότητες.

Τα ανταλλάξιμα κατιόντα του εδάφους αντικαθίστανται από άλλα κατιόντα του εδαφικού διαλύματος και μετακινούνται σε αυτό. Τα φυτά προσλαμβάνουν τα θρεπτικά από το εδαφικό διάλυμα. Οι ρίζες των διαφόρων φυτών έχουν την ικανότητα να εναλλάσσουν κατιόντα (Μητσιος,1999). Έχει αποδειχθεί ότι οι ρίζες των διαφόρων φυτών παρουσιάζουν C.E.C. που κυμαίνεται μεταξύ 9 με 94 meq ανά 100gr ξηρού δείγματος ρίζας.

Η ανταλλάξιμη ικανότητα των κολλοειδών του εδάφους παίζει σπουδαίο ρόλο για το είδος, ποιότητα και χρόνο λίπανσης. Ορισμένα θρεπτικά για το φυτό συστατικά, όπως το κάλιο, το αμμωνιακό άζωτο, προστιθέμενα στο έδαφος προσροφούνται και συγκρατούνται από τη στερεή φάση του εδάφους. Με αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει κίνδυνος έκπλυσης προς τα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατανομής. Συμπερασματικά, τα λιπάσματα αυτά μπορούν να προστεθούν στο έδαφος όταν απαιτείται, πολύ πριν την περίοδο

ταχείας ανάπτυξης του φυτού, χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος απωλειών λόγω έκπλυσης. Τέλος για εδάφη μικρής C.E.C. τα θρεπτικά συστατικά πρέπει να προσθέτονται σε μικρές ποσότητες και πολλές φορές (Αλεξιάδης, 1977).

## ΟΞΙΝΑ ΕΔΑΦΗ

## 2.1. Η οξύτητα του εδάφους

Το pH του εδάφους ορίζεται ως ο αρνητικός λογάριθμος της ενεργότητας των ιόντων υδρογόνου, δηλαδή

$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$$

όπου  $(\text{H}^+) = \gamma[\text{H}^+]$ ,  $\gamma$  είναι ο συντελεστής ενεργότητας του υδρογόνου σε  $\text{mol.l}^{-1}$ . Η αντίδραση των εδαφών μπορεί να είναι όξινη, ουδέτερη ή αλκαλική και εκφράζεται ως pH. Ως pH εννοείται η ενεργότητα των ιόντων του υδρογόνου στο εδαφικό διάλυμα εκφραζόμενη ως αρνητικός λογάριθμος. Το pH που μετράει τα ιόντα του υδρογόνου στο εδαφικό διάλυμα ονομάζεται ενεργός οξύτητα

Στα όξινα διαλύματα η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου ( $\text{H}^+$ ) είναι μεγαλύτερη από  $10^{-7}$  ( $\text{pH} < 7$ ). Στα ουδέτερα διαλύματα  $\text{pH} = 7$  και στα αλκαλικά διαλύματα η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου ( $\text{H}^+$ ) είναι μικρότερη από  $10^{-7}$  ( $\text{pH} > 7$ ).

Ο χαρακτηρισμός ενός εδάφους ως 'ουδέτερο έδαφος' έχει διαφορετική σημασία από αυτή των διαλυμάτων και ότι στα ουδέτερα εδάφη η τιμή του pH κυμαίνεται από 6,5 μέχρι 7.

Με βάση την τιμή του pH τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες (Μήτσιος, 2000):

-Πολύ ισχυρώς όξινα	pH=4-5
-Ισχυρώς όξινα	pH=5,1-5,8
-Μετρίως όξινα	pH=5,9-6,5
-Ουδέτερα	pH=6,6-7,5
-Ελαφρώς αλκαλικά	pH=7,6-8,5
-Αλκαλικά εδάφη	pH>8,5

Ο προσδιορισμός του pH του εδάφους το πραγματοποιείται στο υδατικό εκχύλισμα του εδάφους, η δε μέτρηση του pH γίνεται με πεχάμετρο. Τα ιόντα όμως του υδρογόνου και του αργιλίου βρίσκονται με την ανταλλάξιμη μορφή στις επιφάνειες ανταλλαγής της στερεής φάσης του εδάφους και έτσι τα ανταλλάξιμα κατιόντα του του υδρογόνου και του αργιλίου είναι αυτά που επηρεάζουν τις τιμές του pH.

Το πεχάμετρο δε μετρά τα ιόντα υδρογόνου της στερεής φάσης (ανταλλάξιμο υδρογόνο), αν προηγουμένως δεν απομακρυνθούν από τη στερεή φάση με ανταλλαγή τους με άλλα κατιόντα. Η αύξηση της οξύτητας (μείωση του pH) που θα προέλθει από την ανταλλαγή των ιόντων υδρογόνου και αργιλίου της στερεής φάσης ονομάζεται **ανταλλάξιμη οξύτητα** σε αντίθεση με την **ενεργό οξύτητα** που αναφέρεται στα ιόντα υδρογόνου στο εδαφικό διάλυμα. Το άθροισμα της ενεργού και ανταλλάξιμης οξύτητας αποτελεί την **ολική οξύτητα** των εδαφών.

Η ολική οξύτητα μετριέται σε αιώρημα εδάφους με ένα αλατούχο διάλυμα π.χ. 0,1M KCl ή 10mM CaCl<sub>2</sub>, ενώ η ενεργός οξύτητα μετριέται σε αιώρημα εδάφους με αποσταγμένο νερό. Η παρουσία του άλατος στη μέτρηση της ολικής οξύτητας έχει ως συνέπεια την ανταλλαγή των ανταλλάξιμων ιόντων υδρογόνου και αργιλίου που είναι προσροφημένα στη στερεή φάση του εδάφους, με το κατιόν του άλατος. Το μέγεθος της ανταλλάξιμης οξύτητας εξαρτάται από το βαθμό απομάκρυνσης των ανταλλάξιμων κατιόντων των στοιχείων Ca, Mg, Na και K από τη στερεή φάση. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των στοιχείων αυτών που είναι προσροφημένα στη στερεή φάση του εδάφους τόσο μικρότερη είναι η τιμή της ανταλλάξιμης οξύτητας (Μητσιος, 1999).

## 2.2. Η προέλευση της οξύτητας των εδαφών

### 2.2.1. Εισαγωγή

Οι επιδράσεις του pH στην αύξηση των φυτών προέρχονται αφενός από τις επιδράσεις του pH στη λειτουργία του ριζικού συστήματος και αφετέρου από τις επιδράσεις του pH στις χημικές ιδιότητες του εδάφους. Στα



όξινα εδάφη οι χημικές ιδιότητες του αργιλίου έχουν μεγάλη σημασία στην ανάπτυξη των φυτών. Στα όξινα εδάφη το αργίλιο βρίσκεται στο εδαφικό διάλυμα με την υδατοδιαλυτή ιονική μορφή ( $\text{Al}^{3+}$ ) καθώς και με τη μορφή ανταλλάξιμων κατιόντων.

### 2.2.2. Το αργίλιο στο εδαφικό διάλυμα

Η συγκέντρωση του αργιλίου στο εδαφικό διάλυμα εξαρτάται από:

- Τη διαλυτότητα του γκιψίτη,
  - Τα προϊόντα υδρόλυσης του αργιλίου στο διάλυμα,
  - Την αντίδραση του αργιλίου με τις οργανικές διαλυτές σύμπλοκες ενώσεις.
- Ο γυψίτης διαλύεται και παράγονται ιόντα αργιλίου και υδροξυλίων



Ο νόμος της δράσης των μαζών, για την ιονική αντίδραση (1) θα ισχύει με τη μορφή:

$$K = \frac{(\text{Al}^{3+})(\text{OH}^{-})^3}{\text{Al}(\text{OH})_{3(\text{s})}}$$

Η συγκέντρωση όμως της στερεής φάσης του γκιψίτη  $\text{Al}(\text{OH})_{3(\text{s})}$

θεωρείται σταθερή. Επομένως το γινόμενο  $K[\text{Al}(\text{OH})_{3(\text{s})}]$

είναι σταθερό. Το γινόμενο αυτό το παριστάνεται με το  $K_{\text{sp}}$  ή  $L$  και ονομάζεται γινόμενο διαλυτότητας του γκιψίτη, δηλαδή:

$$K_{\text{sp}} = (\text{Al}^{3+})(\text{OH}^{-})^3$$

Όσο μεγαλύτερο είναι το  $K_{\text{sp}}$  ενός ηλεκτρολύτη τόσο πιο διαλυτός είναι ο ηλεκτρολύτης. Η τιμή του γινομένου διαλυτότητας του γκιψίτη είναι  $K_{\text{sp}}=10^{-34}$ .

Από την τιμή αυτή που είναι πολύ μικρή προκύπτει ότι ο γκιψίτης είναι ελάχιστα διαλυτός και ως εκ τούτου δεν έχει επίδραση στη χημική σύνθεση του διαλύματος. Στην εικόνα 2 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ ενεργοτήτων των διαφόρων ιονικών μορφών του αργιλίου και της τιμής του pH στο διάλυμα στη κατάσταση της χημικής ισορροπίας του γκιψίτη. Επίσης, παρουσιάζονται οι ενεργότητες των διαφόρων ιονικών μορφών του αργιλίου καθώς και, κατά

προσέγγιση, οι συγκεντρώσεις των διαφόρων ιονικών μορφών του αργιλίου (Μήτσιος, 1999).

### 2.3. Η οξύτητα της στερεής φάσης του εδάφους – Ανταλλάξιμο υδρογόνιο και ανταλλάξιμο αργίλιο

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των ανταλλάξιμων κατιόντων είναι η μέθοδος του 1M διαλύματος οξικού αμμωνίου ( $\text{pH}=7$ ). Η μέθοδος αυτή προκαλεί ίζημα του υδροξειδίου του αργιλίου. Για το λόγο αυτό προκειμένου να προσδιορίσουμε τα ανταλλάξιμα κατιόντα σε όξινα εδάφη χρησιμοποιούμε διάλυμα 1M KCl. Το όξινο έδαφος εκπλύνεται με το διάλυμα του 1M KCl, το οποίο εκχυλίζει ποσότητες ανταλλάξιμου αργιλίου ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{AlOH}^{2+}$  και  $\text{Al}(\text{OH})^+_2$ ) και ανταλλάξιμου υδρογόνου, καθώς και άλλα κατιόντα κυρίως  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$  στο  $\text{pH}$  του εδάφους στο χωράφι.

Η επίδραση της τιμής του  $\text{pH}$  στο ανταλλάξιμο αργίλιο παρουσιάζεται στην εικόνα 3 (Thomas and Hargrove, 1984).

Ο λόγος  $\text{Al/C.E.C.}$  είναι αρκετά μεγάλος στα όξινα εδάφη που σημαίνει ότι το επί τοις εκατό ποσοστό του αργιλίου στη συνολική ποσότητα των ανταλλάξιμων κατιόντων (C.E.C.) είναι μεγάλο στα όξινα εδάφη και ότι μικρή ποσότητα αργιλίου εκχυλίζεται σε εδάφη με  $\text{pH}>5,5$ . Η μέση τιμή του φορτίου του αργιλίου βρίσκεται μεταξύ 2 και 3 το δε φορτίο αυτό μειώνεται καθώς η τιμή του  $\text{pH}$  ανυψώνεται. Η μείωση αυτή του φορτίου με την άνοδο της τιμής του  $\text{pH}$  πιθανότατα οφείλεται στο σχηματισμό ενός μίγματος από το  $\text{Al}^{3+}$ , τις υδροξυλιομένες μορφές του  $\text{AlOH}^{2+}$  και  $\text{Al}(\text{OH})^+_2$  και τις πολυμερείς μορφές του αργιλίου (Bache and Sharp, 1976).

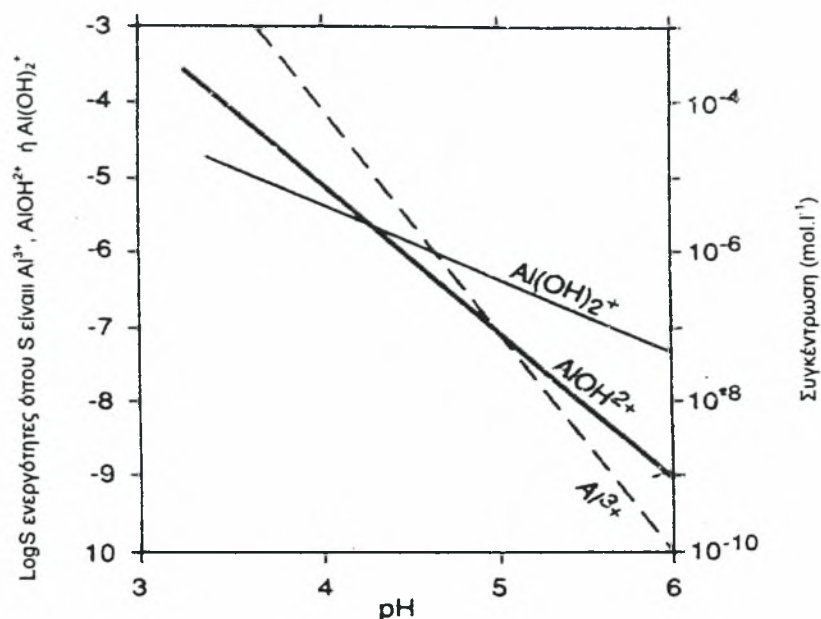
Από την εικόνα 3 διαπιστώνεται ότι στα εδάφη αυτά σε κάθε τιμή του  $\text{pH}$  του εδάφους αντιστοιχεί ένα μεγάλο εύρος τιμών του λόγου  $\text{Al/C.E.C.}$

Μερικά εδάφη έχουν μικρές ποσότητες διαλυτών μορφών του αργιλίου, για το λόγο αυτό τα εδάφη αυτά έχουν περιορισμένες ποσότητες ανταλλάξιμου αργιλίου. Η ποικιλομορφία αυτή μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η C.E.C. προσδιορίστηκε σε  $\text{pH}=8,2$ . Σε μερικά από τα εδάφη αυτά η τιμή της C.E.C. όπως προσδιορίστηκε σε  $\text{pH}=8,2$  είναι μεγαλύτερη

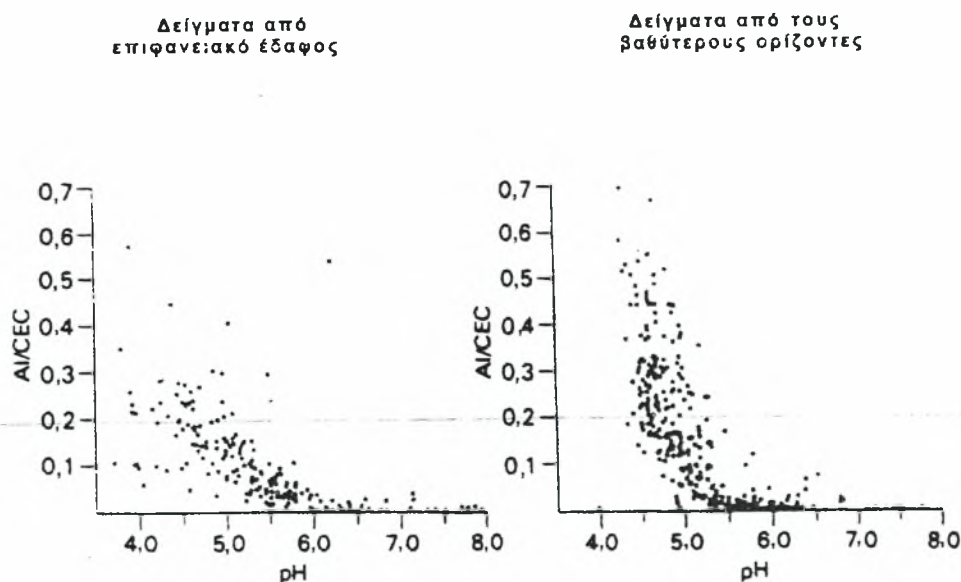
από την τιμή της C.E.C. στο pH του εδάφους στο χωράφι, με αποτέλεσμα ο λόγος  $Al/C.E.C.$  να είναι μικρός.

Το επιφανειακό έδαφος συμπεριφέρεται διαφορετικά από το έδαφος στους βαθύτερους ορίζοντες της εδαφικής κατανομής. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην επίδραση της οργανικής ουσίας που επηρεάζει το λόγο  $Al/C.E.C.$  σε μικρές τιμές του pH του εδάφους. Οι μεγάλες ποσότητες ανταλλάξιμου αργιλίου σε μικρές τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 5,5 και 6 πιθανόν να οφείλονται στην παρουσία οργανικής ουσίας και στο σχηματισμό χηλικών ανώσεων του αργιλίου τόσο στις επιφάνειες της στερεής φάσης όσο και στο διάλυμα (Evans and Kamprath, 1970).

Το ανταλλάξιμο αργίλιο και το ανταλλάξιμο υδρογόνο χαρακτηρίζουν την ανταλλάξιμη οξύτητα του εδάφους.



**Εικόνα 2 :** Η σχέση μεταξύ ενεργιοτήτων των διαφόρων μορφών του αργιλίου και του pH στο διάλυμα στην κατάσταση ισορροπίας του γκιψίτη (Μήτσιος 2000).



**Εικόνα 3 :** Ανταλλάξιμο αργίλιο επί τοις εκατό της C.E.C. σε  $pH=8,2$  σε δείγματα επιφανειακού εδάφους και σε δείγματα εδάφους από τους βαθύτερους ορίζοντες της εδαφικής κατανομής (Μήτσιος 2000).

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

### 3.1. Γενικές αρχές

Το ποσό των ανταλλάξιμων κατιόντων που μπορούν να συγκρατηθούν από τη στερεή φάση εξαρτάται από το μέγεθος του αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου των ορυκτών της αργίλου που συνθέτουν τη στερεή φάση. Το μέγεθος του αρνητικού φορτίου χαρακτηρίζει και την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων των εδαφών. Το μέγεθος αυτό μπορεί να μετρηθεί εύκολα εάν με ανακίνηση αφαιρεθεί η υγρή φάση μαζί με τα κατιόντα που περιέχει και τη θέση της πάρει ένα διάλυμα άλατος, οξικού αμμωνίου ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ). Τότε αυτομάτως το κατιόν  $\text{NH}_4^+$  θα εναλλαγεί στη στερεή φάση με τα κατιόντα που συγκρατούσαν τα αρνητικά της φορτία. Η μέτρηση του αθροίσματος των κατιόντων αυτών αντιστοιχεί στο μέγεθος της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων της στερεής φάσης.

Η ανταλλαγή κατιόντων γίνεται με ισοδύναμες ποσότητες, δηλαδή ένα  $\text{Ca}^{2+}$  εξουδετερώνει δυο μονάδες αρνητικού φορτίου, ενώ ένα  $\text{Na}^+$  εξουδετερώνει ένα αρνητικό φορτίο. Έτσι, τα εκχυλιστικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται περιέχουν σε περίσσεια διάφορα είδη κατιόντων τα οποία είναι σε θέση να αντικαταστήσουν τα κατιόντα που είναι προσροφημένα στο έδαφος. Η γενική αυτή αρχή εφαρμόζεται κυρίως για τον προσδιορισμό του ανταλλάξιμου καλίου και μαγνησίου. Όταν χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους εκχυλιστικά διαλύματα τότε εκχειλίζονται τόσο ανταλλάξιμα κατιόντα, όσο και τα άλλα που βρίσκονται σε διαλυτή μορφή στο εδαφικό διάλυμα. Ένας μεγάλος αριθμός από εκχυλιστικά διαλύματα χρησιμοποιείται σε διάφορες μεθόδους, όμως οι βασικές αρχές είναι οι ίδιες.

Η ιδιαιτερότητα του κάθε εδάφους επηρεάζει σημαντικά τις διάφορες εργαστηριακές μεθόδους. Έτσι υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις για κάθε

τύπο εδάφους. Η τιμή της C.E.C. δεν είναι ανεξάρτητη από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται ο προσδιορισμός. Για ένα συγκεκριμένο έδαφος θα παρθούν διαφορετικά αποτελέσματα, αν χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί μέθοδοι για τον προσδιορισμό της C.E.C. (Rowell, 1985). Η ιδανική μέθοδος προσδιορισμού της C.E.C. είναι αυτή που μετρά την ικανότητα ενός εδάφους να προσροφά κατιόντα από ένα υδατικό διάλυμα ίδιου pH, ίδιας ιονικής ισχύς, διηλεκτρικής σταθεράς και σύνθεσης όμοιας με αυτή του αγρού, αφού η C.E.C. επηρεάζεται από αυτές τις παραμέτρους. Είναι δύσκολο να ορισθεί ένα μόνο διάλυμα εκχύλισης για κάθε έδαφος για τον προσδιορισμό της C.E.C.. Έτσι, ανάλογα με τα δεδομένα που υπάρχουν, για κάθε τύπο εδάφους χρησιμοποιούνται μέθοδοι που είναι παγκόσμια αποδεκτοί. Γενικά, όλες οι μέθοδοι μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες ως εξής (Rhoades J.D., 1982) :

1. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα μπορούν να αντικατασταθούν από ένα κορεσμένο αλατούχο διάλυμα και η C.E.C. να υπολογιστεί ως άθροισμα των ανταλλάξιμων κατιόντων που αντικαταστάθηκαν (Αθροιστική μέθοδος).
2. Όταν οι επιφάνειες ανταλλαγής έχουν κορεστεί με ένα κατιόν δείκτη, το έδαφος μπορεί να εκπλυθεί με αλατούχο διάλυμα, κορεσμένο. Η ποσότητα από το δείκτη-κατιόν που είναι απορροφημένο από το έδαφος μπορεί αργότερα να αντικατασταθεί και να προσδιοριστεί.
3. Πραγματοποιώντας κορεσμό του εδάφους με ένα κατιόν δείκτη, το διάλυμα μπορεί να αραιωθεί και να μαρκαριστεί με ένα ραδιενεργό ισότοπο. Η συγκέντρωση από το κατιόν δείκτη στο διάλυμα προσδιορίζεται και στη συνέχεια η κατανομή του ισότοπου μεταξύ των δύο φάσεων δίνεται από μέτρηση της ραδιενέργειας στο εδαφικό διάλυμα.

Σ' όλες τις μεθόδους προσδιορισμού της C.E.C. ακολουθούνται τρία στάδια :

- I. Κορεσμός των θέσεων ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους με ένα συγκεκριμένο κατιόν.
- II. Μετακίνηση από την περίσσεια του διαλύματος κορεσμού.
- III. Αντικατάσταση από τα κατιόντα κορεσμού.



### 3.2. Σφάλματα

Η παραλλακτικότητα στα αποτελέσματα ερμηνεύεται από τις πολλές πιθανές πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαδικασιών έκπλυσης, κορεσμού και των διαφόρων συστατικών του εδάφους. Τα προβλήματα ξεκινούν από τη διάλυση του  $\text{CaCO}_3$  ή γύψου. Επίσης προβλήματα δημιουργεί και η παρουσία αλάτων.

### 3.3. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων της C.E.C. με τη μέθοδο του οξικού νατρίου

Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ενός εδάφους είναι το μέτρο της ικανότητας προσροφήσεως κατιόντων. Όταν ένα δείγμα κατεργαστεί με διάλυμα άλατος, όπως το  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , τα ιόντα  $\text{NH}_4^+$  αντικαθιστούν τα προσροφημένα μεταλλικά κατιόντα ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ), οπότε το μεν έδαφος γίνεται έδαφος με μόνο  $\text{NH}_4^+$ , ενώ το διάλυμα περιέχει όλα τα παραπάνω κατιόντα, την περίσσεια του  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  γιατί αντικαθιστά όλα τα κατιόντα στο έδαφος, αλλά και γιατί απομακρύνεται εύκολα από τα σύμπλοκα του εδάφους. Για την απομάκρυνση του χρησιμοποιείται το  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Το pH του  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  πρέπει να είναι 7 και του  $\text{CH}_3\text{COONa}$  8,2. Αυτό γιατί σ' αυτά τα διαλύματα η διαλυτότητα των  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  είναι η μικρότερη δυνατή και η παρουσία αυτών στο εκχύλισμα επιφέρει λάθη.

Το οξικό αμμώνιο είναι ρυθμιστικό διάλυμα και ανυψώνει την τιμή του pH του εδάφους στην τιμή 7, το ηλεκτρικό φορτίο του χούμου εξαρτάται από το pH του περιβάλλοντος.

Ο προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων και της C.E.C. με το ρυθμιστικό διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH=7) ανυψώνει τη τιμή του pH στο σύστημα ηλεκτρολύτης έδαφος, κοντά στη τιμή pH=7 και έχει ως συνέπεια την ανύψωση της τιμής του ηλεκτραρνητικού φορτίου με ανάλογη ανύψωση της C.E.C. του εδάφους (Μήτσιος, 1999. Rowell, 1985)

### 3.4. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων και της C.E.C. με τη μέθοδο του οξικού αμμωνίου (αθροιστική μέθοδος)

Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο αυτή βασίζεται στην μέτρηση των ανταλλάξιμων κατιόντων  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$  με κορεσμό του εδάφους με ιόντα  $\text{NH}_4^+$ . Για τον προσδιορισμό των ανταλλάξιμων κατιόντων χρησιμοποιείται διάλυμα 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH=7) με σκοπό την πλήρη αντικατάσταση των ιόντων της στερεής φάσης του εδάφους από τα  $\text{NH}_4^+$  του διαλύματος οξικού αμμωνίου. Τα ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$  που έχουν αντικατασταθεί από τα ιόντα  $\text{NH}_4^+$  προσδιορίζονται στο εκχύλισμα με το φλογοφωτόμετρο (Μήτσιος, 2000).

### 3.5. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων της C.E.C. σε όξινα εδάφη

Τα όξινα εδάφη είναι κορεσμένα με ανταλλάξιμα υδρογόνα ( $\text{H}^+$ ) και ανταλλάξιμα αργίλια ( $\text{Al}^{3+}$ ). Τα ανταλλάξιμα αυτά κατιόντα αντικαθίστανται από άλλα κατιόντα. Το διάλυμα KCl 1M είναι μη ρυθμιστικό και διέρχεται διαμέσου του εδάφους χωρίς να επηρεάζει την τιμή του pH και επομένως το ηλεκτρικό φορτίο του εδάφους δεν μεταβάλλεται (Μήτσιος, 1999. Rowell, 1985). Τα ανταλλάξιμα κατιόντα του  $\text{Ca}^{2+}$  και του  $\text{Mg}^{2+}$  προσδιορίζονται όπως και στην περίπτωση των ουδέτερων εδαφών. Το ανταλλάξιμο κάλιο δεν προσδιορίζεται στα όξινα εδάφη γιατί σε τέτοια εδάφη συναντάται σε πολύ μικρές ποσότητες. Για τον υπολογισμό του ( $\text{H}^+$ ) και του ( $\text{Al}^{3+}$ ) εφαρμόζεται η τιτλοδότηση με διάλυμα 0,01M NaOH.

Η C.E.C. υπολογίζεται με βάση το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων που αντικαθίστανται από τα ιόντα  $\text{K}^+$  του διαλύματος KCl. Στην περίπτωση αυτή η τιμή της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους είναι μικρότερη από την τιμή της C.E.C. σε pH=7, η οποία είναι δυνατόν να μετρηθεί με τη μέθοδο του 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH=7), (Rowell 1985, 1988). Η διαφορά αυτή οφείλεται στο μεταβλητό ηλεκτρικό φορτίο του χούμου, του γκιψίτη, του γκαιπίτη, του αιματίτη και των άμορφων υπεροξειδίων του σιδήρου και του αργιλίου. Για το λόγο αυτό η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του διαλύματος KCl 1M χαρακτηρίζεται ως **ενεργός ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων** (Effective Cation Exchange Capacity, E.C.E.C.), (Rowell,1985, Μήτσιος,1999). Η ενεργός εναλλακτική ικανότητα κατιόντων εκφράζει την πραγματική ικανότητα του εδάφους στο pH και στη συγκέντρωση του εδαφικού διαλύματος του εδάφους σε φυσικές συνθήκες χωραφιού .

### 3.6. Σκοπός της εργασίας.

Σκοπός της παρούσης μελέτης είναι:

- 1) Να προσδιοριστούν τα ανταλλάξιμα κατιόντα και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων στα εδαφικά δείγματα των περιοχών του Νομού Τρικάλων, Λάρισας και Καρδίτσας.
- 2) Να μελετηθεί η μεταβολή του αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου των όξινων εδαφών με τη μέθοδο 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH=7), να προσδιοριστεί το ηλεκτρικό φορτίο με τη μέθοδο 1M KCl και να γίνει σύγκριση των δυο αυτών μεθόδων.
- 3) Να συγκριθούν οι μέθοδοι του 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH=7) και 1M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (pH=8,2), σε ουδέτερα και ασβεστούχα εδάφη και να διερευνηθεί η ακρίβεια αυτών με άμεσο στόχο την πρακτικότητα των μεθόδων αυτών σε εργαστηριακές αναλύσεις.

# ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 4.1. Προετοιμασία εδαφικών δειγμάτων

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε σε εδάφη της Θεσσαλίας στα οποία καλλιεργείται καπνός. Στον πίνακα 1 (Παράρτημα, σελ.37-41) παρουσιάζονται οι εδαφολογικές μονάδες των 264 επιφανειακών δειγμάτων (0-30cm) που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή για τον προσδιορισμό της C.E.C.

Από το Ν. Καρδίτσας ελήφθησαν εδαφικά δείγματα από τα χωριά Αγ. Παρασκευή, Άμπελος, Ανάβρα, Ασημοχώρι, Γελάνθη, Δασοχώρι, Ζαΐμη, Καλλιφώνι, Καρποχώρι, Λεοντάρι, Μαυρομάτι, Μελλισοχώρι, Μητρόπολη, Μύρινη και Φράγκο. Από το Ν. Τρικάλων ελήφθησαν εδαφικά δείγματα, από τα χωριά Πλάτανος, Ρίζωμα, Αρδάνι, Γριζάνιο, Βασιλική, Θεόπετρα και Παλιόπυργος. Τέλος, από το Ν. Λαρίσης (κυρίως περιοχή Ελασσόνας) ελήφθησαν εδαφικά δείγματα, από τα χωριά Αργυροπσούλι, Ροδιά, Βαλανίδα, Γαλανόβρυση, Δολίχι, Δρυμός, Καλλιθέα, Μεσοχώρι, Ολυμπιάδα, Πραιτώρι, Πύθιο, Στεφανόβουνο, Συκέα και Τσαριτσάνη.

Η εδαφολογική μονάδα είναι ένα χαρτογραφικό σύμβολο, το οποίο βοηθάει να περιγράψουμε εν συντομία τα χαρακτηριστικά του εδάφους και συμβολίζεται ως εξής:

$$B \frac{324}{A01(sp)} Eoxl$$

όπου,

3 : Κοκκομετρική σύσταση, σε βάθος 75-150 εκ.,

2 : Κοκκομετρική σύσταση, σε βάθος 25-75 εκ.,

4 : Κοκκομετρική σύσταση, σε βάθος 0-25 εκ.,

E : Τάξη εδάφους

o : υποτάξη

x : Μεγάλη ομάδα

l : Υποομάδα

A : κλίση

0 : Διάβρωση

1 : Ανθρακικά

sp: Special Properties (ειδικές συνθήκες, καλσικός ορίζοντας, αλατότητα, αλκαλίωση, κ.λ.π.)

Στο Ν. Καρδίτσας, τα δείγματα προέρχονται από τις ακόλουθες, χαρακτηριστικές χαρτογραφικές μονάδες: B333/A00/Axh, C434/A01/Axh, B434/A00/Axh, C434/A00/Axh, C233/A00/Axh, C435/A01/Vxch, A233/A00/Axh, B233/A00/Iox, B334/A00/Axh, C334/A02/Ioxf, C434/A11/Axh, A334/A00/Eoxt, A002/A02/Efx, A213/A03/Efx, A233/A01/Efx, B113/A01/Efx, B233/A01/Efx, B323/A00/Ioxf, B333/A01/Loxf, B334/A02/Lox, C434/A01/Ioxf και C332/A03/Efx.

Στο Ν. Τρικάλων, τα δείγματα προέρχονται από τις ακόλουθες, χαρακτηριστικές χαρτογραφικές μονάδες: B334/A03/Efx, A112/A00/Efx, A203/A01/Iox, B324/B13/Eox, C434/A03/Efx, A334/Γ23/Eox, A324/Γ23/Eox, A224/A01/Efx, A122/A02/Efx, C435/A03/Efx, C435/A02/Lox.

Στο Ν. Λάρισας, τα δείγματα προέρχονται από τις ακόλουθες, χαρακτηριστικές χαρτογραφικές μονάδες: C333/A00/Efx, B223/B22/Eox, B112/A00/Efx, C433/B20/Iox, B112/A01/Iox, A112/B10/Efx, C435/B20/Eox, B334/A02/Iox, A113/B11/Efx, C435/A00/Efx, B233/A02/Efx, C433/A03/Ioxf, B314/B11/Eox, B403/B20/Iox, B212/A01/Efx, A323/A00/Efx, A323/A01/Ioxf, A334/B23/Eox, A212/A10/Efx, A223/B10/Iox, B223/A02/Efx, B323/A01/Iox, B323/A12/Iox, B323/B01/Iox, B333/A01/Axhc, C223/A03/Efx, C223/Γ20/Eox, C323/A01/Iox, C334/A10/Axh, και από περιοχές που δεν έχουν ακόμα χαρτογραφηθεί.

Τα δείγματα εδάφους ελήφθησαν από βάθος 0-30cm. Αμέσως μετά την συλλογή τους μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, όπου και αεροξηράνθηκαν. Κατόπιν διήλθαν από κόσκινο διαμέτρου 2 mm, τοποθετήθηκαν σε χάρτινα κουτιά όπου και παρέμειναν μέχρι να πραγματοποιηθούν οι παρακάτω χημικές αναλύσεις:

Προσδιορισμός του pH με τη χρήση πεχαμέτρου Crison 2000 σε αιώρημα εδάφους-νερού σε αναλογία 1/1 (Παράρτημα, πίνακας 2 και 3, σελ.42-50).

Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης με τη μέθοδο του Βουγιούκου (Παράρτημα, πίνακας 2 και 3, σελ.42-50).



Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας με τη μέθοδο των Walkey-Black κατόπιν οξείδωσης του οργανικού άνθρακα με όξινο διάλυμα διχρωμικού καλίου (Παράρτημα, πίνακας 2 και 3, σελ.42-50).

Όλα τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια ήταν του Οίκου Merck, καθαρότητας pro analysis. (p.a.) και surpurur .

Τα χρησιμοποιούμενα σκεύη ήταν γυάλινα (classA).

Στα 54 δείγματα όξινων εδαφών η εκχύλιση των ανταλλάξιμων κατιόντων  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  και  $\text{H}^+$ , έγινε με τις μεθόδους 1M KCl και 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH=7), (Παράρτημα, πίνακας 2, σελ.42-43). Ο προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων  $\text{Al}^{3+}$  και  $\text{H}^+$ , έγινε με ογκομέτρηση με διάλυμα 0,01M NaOH ενώ των κατιόντων  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , όπως και στην περίπτωση των ουδέτερων εδαφών, με τη βοήθεια της ατομικής απορρόφησης.

Σε 210 δείγματα εδάφους έγινε η εκχύλιση των ανταλλάξιμων κατιόντων  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  και της C.E.C. αυτών με τη μέθοδο του 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (pH=7) και τη μέθοδο 1M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (pH=8.2), (Παράρτημα, πίνακας 3, σελ.44-50).

## **4.2. Μέθοδοι προσδιορισμού των ανταλλάξιμων κατιόντων και της C.E.C. του εδάφους**

### **4.2.1. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων με τη μέθοδο του οξικού νατρίου**

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από το Ε.Θ.Ι.ΑΓ.Ε. και πολλά εδαφολογικά εργαστήρια στην Ελλάδα. Καταγράφεται ως εξής:

#### Συσκευές – όργανα

##### Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1N: 136,04 g  $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  ή 82,04 g  $\text{CH}_3\text{COONa}$  διαλύονται σε, 800-900 mL, αποσταγμένο νερό, σε φιάλη 1 λίτρου. Το pH ρυθμίζεται στο 8,2. Κατόπιν συμπληρώνεται ο όγκος στο 1 λίτρο.

2. Αιθυλική αλκοόλη 95°-96° ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ )
3. Διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N: Ζυγίζονται 77g  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  σε ποτήρι ζέσεως των 1000mL. Προσθέτουμε αποσταγμένο νερό μέχρι τα 700ml περίπου, και ανακινούμε με μαγνητάκια. Το pH ρυθμίζεται στη τιμή 7 και συμπληρώνουμε μέχρι τη χαραγή.

### Μέθοδος

Ζυγίζονται 4g χώματος αεροξηραθέντος από κάθε δείγμα, όπου το βάρος του ξηρού χώματος υπολογίζεται βάση της προσδιορισθείσης υγρασίας. Τα δείγματα τοποθετούνται σε κωνικές φιάλες των 100mL, προστίθενται 33mL σε κάθε δείγμα από το αντιδραστήριο 1. Στη συνέχεια τοποθετούνται στον παλινδρομικό ανακινητήρα όπου ανακινούνται για 15 λεπτά. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται άλλες δύο φορές. Το υπερκείμενο υγρό κάθε φορά αποχέινεται.

Κατόπιν σε κάθε φιάλη προστίθενται 33mL από το αντιδραστήριο 2 και ανακινούνται πάλι για 15 λεπτά στον παλινδρομικό ανακινητήρα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται ακόμη δυο φορές, ενώ η υπερκείμενη αλκοόλη απορρίπτεται. Σημειώνεται ότι η εκάστοτε απόχυση της αλκοόλης πρέπει να είναι τέλεια ώστε να επιτευχθεί η τέλεια απομάκρυνση του υπάρχοντος  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

Η αντικατάσταση των κατιόντων του  $\text{Na}^+$  με κατιόντα  $\text{NH}_4^+$  γίνεται ως εξής: σε κάθε φιάλη τοποθετούνται 33 mL του αντιδραστηρίου 3 και ανακινούνται για 15 λεπτά. Το υπερκείμενο διαυγές υγρό διηθείται σε φιάλη των 100 mL. Αυτό επαναλαμβάνεται άλλες δυο φορές. Ο όγκος του υγρού συμπληρώνεται στα 100 mL με αποσταγμένο νερό και προσδιορίζεται η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{Na}^+$ , με τη βοήθεια του φλογοφωτομέτρου, εκφρασμένη σε meq/L ή cmol<sub>c</sub>/kg.

Η ολική χωρητικότητα προσροφήσεως (C.E.C.)/100g εδάφους υπολογίζεται ως εξής :

$$\text{C.E.C.} = \frac{\text{meq Na}^+/\text{L} \cdot 10}{W}$$

όπου W το βάρος του ξηρού εδάφους .

#### 4.2.1.α. Προσδιορισμός του ανταλλάξιμου νατρίου

Ως ανταλλάξιμο νάτριο, ορίζεται η ποσότητα του  $\text{Na}^+$  της στερεής φάσης του εδάφους που μπορεί να αντικαθίστανται από άλλο κατιόν της υγρής φάσης. Ο προσδιορισμός του ανταλλάξιμου νατρίου γίνεται στο εκχύλισμα που παίρνεται με τη μέθοδο που περιγράφηκε παραπάνω και χρησιμοποιώντας το φλογοφωτόμετρο, (Παράρτημα, εικόνα 4).

#### 4.2.1.β. Βαθμονόμηση οργάνου

Αφήνεται το φλογοφωτόμετρο αναμμένο για 5-10 λεπτά της ώρας για να προθερμανθεί, όπως αναφέρεται στις οδηγίες του κατασκευαστή (Sherwood). Τοποθετείται το αραιότερο standard (αποσταγμένο νερό) και ρυθμίζεται η ένδειξη του οργάνου στο 0, από τον ειδικό ρυθμιστή «Blank». Κατόπιν, τοποθετείται το πυκνότερο standard και ρυθμίζεται η ένδειξη του οργάνου στο 100 από τον ειδικό ρυθμιστή «fine». Έπειτα μετριέται το δείγμα. Αν η ένδειξη είναι μεγαλύτερη του 100 προβαίνουμε σε αραιώσεις. Επιλέγουμε τη σειρά των Standards που θα κατασκευαστούν, όσο το δυνατόν κοντά στη μέτρηση του δείγματος έτσι ώστε η καμπύλη βαθμονόμησης να είναι αξιόπιστη και να εμπεριέχει την άγνωστη τιμή του δείγματος. Ο άξονας y της καμπύλης βαθμονόμησης περιέχει τις τιμές των ενδείξεων του οργάνου και ο άξονας x τα  $\text{meq/L}$  του εναλλακτικού  $\text{Na}^+$ . Κατά τη κατασκευή των Standards ακολουθείται ο βασικός νόμος της Χημείας της αραιώσης  $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$ .

#### 4.2.2. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων της C.E.C. με τη μέθοδο του οξικού αμμωνίου (αθροιστική μέθοδος)

##### Συσκευές – όργανα

##### Αντιδραστήρια

Διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N: ζυγίζονται 77g  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  σε ποτήρι ζέσεως των 1000mL. Προστίθεται αποσταγμένο νερό μέχρι τα 700mL περίπου, και ανακινείται με μαγνητάκια. Το pH ρυθμίζεται στη τιμή 7 και συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή.

### Μέθοδος

Ζυγίζονται 5g χώματος αεροξηραθέντος από κάθε δείγμα, όπου το βάρος του ξηρού χώματος υπολογίζεται βάση της προσδιορισθείσης υγρασίας. Τα δείγματα τοποθετούνται σε κωνικές φιάλες των 100mL, προστίθενται 100mL σε κάθε δείγμα από το αντιδραστήριο. Στη συνέχεια τοποθετούνται στον παλινδρομικό ανακινητήρα όπου ανακινούνται για μια ώρα.

Το υπερκείμενο διαυγές υγρό διηθείται σε φιάλη των 100 mL. Από το εκχυλιστικό υγρό προσδιορίζεται η συγκέντρωση των ανταλλάξιμων κατιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{H}^+$  με τη βοήθεια του φλογοφωτομέτρου, εκφρασμένη σε meq/100g.

Τα ανταλλάξιμα κατιόντα του  $\text{Ca}^{2+}$  και του  $\text{Mg}^{2+}$  προσδιορίζονται με τη βοήθεια της ατομικής απορρόφησης, (Παράρτημα, εικόνα 5).

Η C.E.C. υπολογίζεται με βάση το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$ )

#### **4.2.3. Προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων της C.E.C. σε όξινα εδάφη**

##### Συσκευές – όργανα

##### Αντιδραστήρια

1. KCl 1M .Διαλύονται 74,6 g σε 1L αποσταγμένο νερό.
2. Δείκτης φαινιλοφθαλείνης. Διαλύονται 0,1 g φαινιλοφθαλείνης σε 100 mL αιθανόλης (95%).
3. Διάλυμα φθοριούχου νατρίου. Διαλύονται 40g NaF σε νερό, 1L.
4. HCl, 0,01M.
5. NaOH, 0,01M.

### Μέθοδος

Ζυγίζονται 10 g αεροξηραθέντος εδάφους από κάθε δείγμα και τοποθετούνται σε κωνική φιάλη των 25 mL, όπου προστίθενται 100 mL από

το αντιδραστήριο 1 και τοποθετούνται για ανακίνηση για 1 ώρα. Στη συνέχεια γίνεται διήθηση σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL.

Ο προσδιορισμός των ανταλλάξιμων κατιόντων του υδρογόνου ( $H^+$ ) και του αργιλίου ( $Al^{3+}$ ) γίνεται με τιτλοδότηση με διάλυμα 0,01M NaOH. Λαμβάνονται 50mL από κάθε εκχύλισμα, τοποθετούνται σε κωνική φιάλη των 250 mL και προστίθενται και 5 σταγόνες δείκτης φαινιλοφθαλείνης. Έπειτα, γίνεται ογκομέτρηση με το διάλυμα NaOH.

Τα ανταλλάξιμα κατιόντα του  $Ca^{2+}$  και του  $Mg^{2+}$  προσδιορίζονται όπως και στην περίπτωση των ουδέτερων εδαφών. Το ανταλλάξιμο κάλιο δεν προσδιορίζεται στα όξινα εδάφη, διότι στα εδάφη αυτά το ανταλλάξιμο κάλιο υπάρχει σε πολύ μικρές ποσότητες.

Η C.E.C. υπολογίζεται με βάση το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων που αντικαθίστανται από το διάλυμα 1M KCl.

# **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

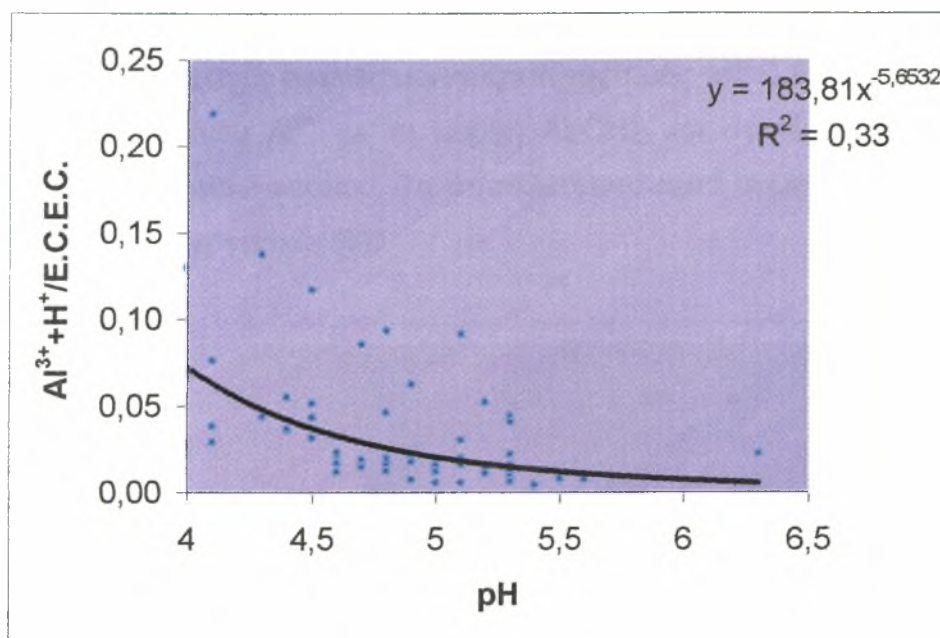
### 5.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στον πίνακα 2 (Παράρτημα, σελ.43) παρουσιάζονται οι ποσότητες των ανταλλάξιμων κατιόντων και το ηλεκτρικό φορτίο των όξινων εδαφών, όπως προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του 1M KCl και με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7). Η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή της E.C.E.C. με τη μέθοδο του 1M KCl είναι 4,58 cmol<sub>e</sub>/kg και 25,88 cmol<sub>e</sub>/kg αντίστοιχα, ενώ της C.E.C. με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7) 6,69 cmol<sub>e</sub>/kg και 34,73 cmol<sub>e</sub>/kg αντίστοιχα. Παρουσιάζεται δηλαδή μια αύξηση του ηλεκτραρνητικού φορτίου των εδαφών με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7), κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο, εφόσον το διάλυμα 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7) είναι ρυθμιστικό και ανεβάζει την τιμή του pH κοντά στην τιμή 7, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την ανάλογη αύξηση του ηλεκτραρνητικού φορτίου και επομένως της C.E.C. του εδάφους. Το χλωριούχο κάλιο είναι μη ρυθμιστικό διάλυμα και έτσι δεν προκαλεί αύξηση της τιμής του pH του εδάφους. Στα όξινα εδάφη η χρησιμοποίηση του οξικού αμμωνίου (pH=7) για τον προσδιορισμό της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων, προκαλεί κατακρήμνιση των ιόντων αργιλίου με τη μορφή Al(OH)<sub>3</sub>.

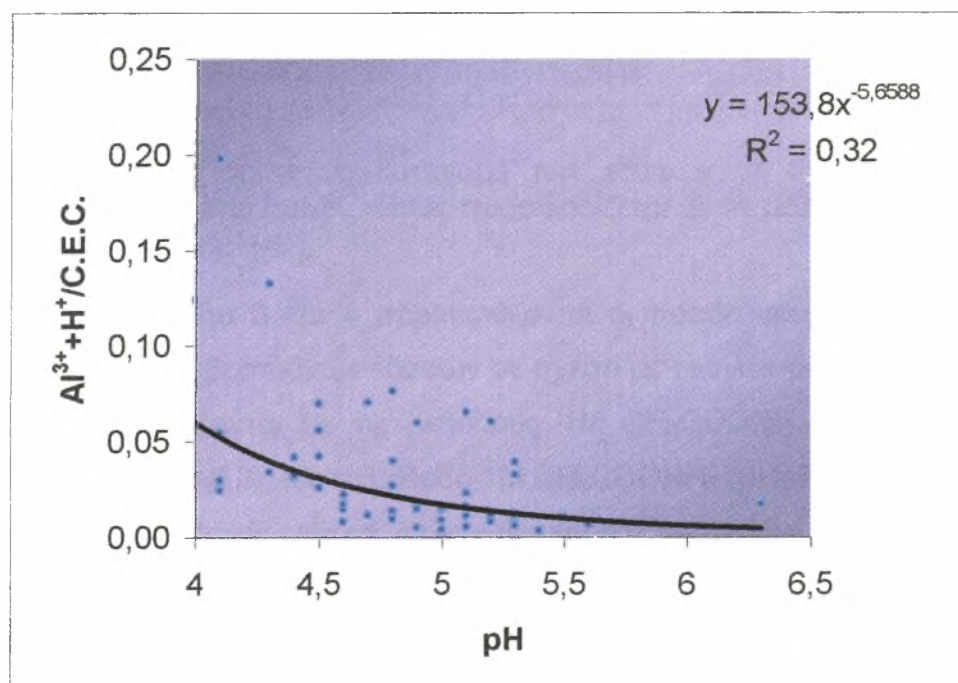
Η διαφορά επίσης οφείλεται στο μεταβλητό ηλεκτρικό φορτίο του χούμου, του γκιψίτη, του γκαιτίτη, του αιματίτη και των άμορφων υπεροξειδίων του σιδήρου και του αργιλίου (Rowell, 1985. Μήτσιος, 1999).

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται ο λόγος του (Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup>) προς την E.C.E.C. σε σχέση με το pH των εδαφών και στο σχήμα 2 ο λόγος του (Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup>) προς την C.E.C. σε σχέση με το pH. Από τη μελέτη του σχήματος 1 προκύπτει ότι όσο η τιμή του pH των εδαφών υποβιβάζεται ο λόγος (Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup>)/ E.C.E.C. ανυψώνεται. Όσο η τιμή του pH υποβιβάζεται οι συγκεντρώσεις των ιόντων τόσο του αργιλίου όσο και του υδρογόνου ανυψώνονται και κατά συνέπεια τα ιόντα αυτά καταλαμβάνουν μεγαλύτερο ποσοστό από την E.C.E.C.





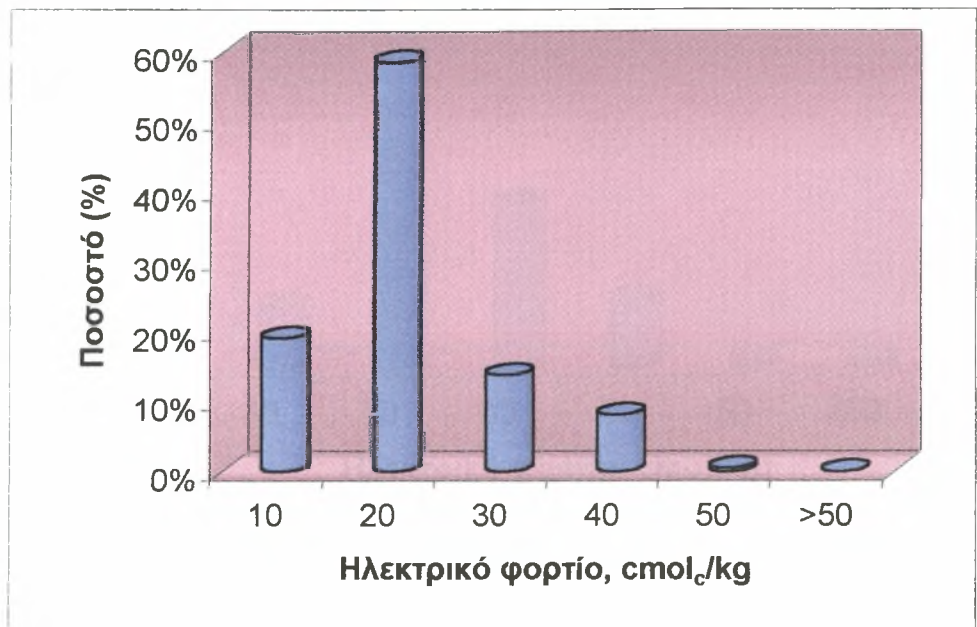
**Σχήμα 1:** Μεταβολή του λόγου  $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+ / \text{E.C.E.C.}$  σε σχέση με την τιμή του pH.



**Σχήμα 2:** Μεταβολή του λόγου  $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+ / \text{C.E.C.}$  σε σχέση με την τιμή του pH.

Από τη μελέτη του σχήματος 2 παρατηρείται ότι ο λόγος  $(\text{Al}^{3+} + \text{H}^+) / \text{C.E.C.}$  κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι με

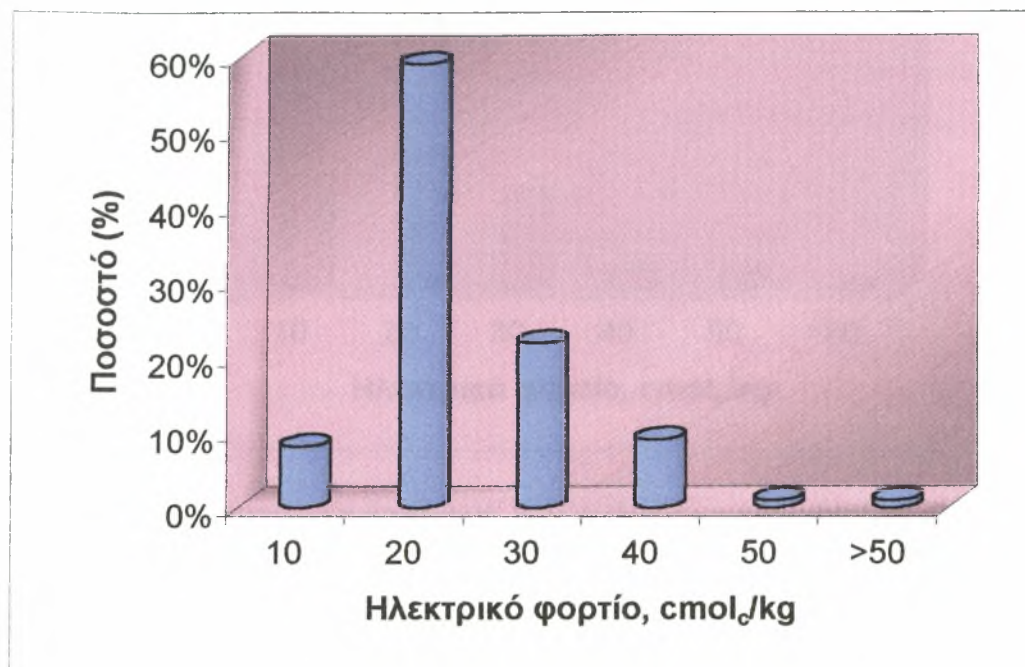
τη χρήση του διαλύματος 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ( $\text{pH}=7$ ) το  $\text{pH}$  ανυψώνεται κοντά στην τιμή 7 και έχουμε αφενός μεν αύξηση της τιμής της C.E.C. και καθίζηση των ιόντων αργιλίου  $\text{Al}^{3+}$  με τη μορφή  $\text{Al}(\text{OH})_3$  και αφετέρου αύξηση του αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με τα δεδομένα άλλων εργασιών (9).



**Σχήμα 3 :** Ποσοστιαία κατανομή των εδαφών σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ( $\text{pH}=7$ ).

Στα σχήματα 3 και 4 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες κατανομές των ουδέτερων και ασβεστούχων εδαφών σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών όπως προσδιορίζονται με τις μεθόδους 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ( $\text{pH}=7$ ) και 1M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ( $\text{pH}=8.2$ ). Με τη μέθοδο 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ( $\text{pH}=7$ ) η ελάχιστη τιμή της C.E.C. των εδαφών είναι 5,3 cmol<sub>c</sub>/kg και η μέγιστη 43,4 cmol<sub>c</sub>/kg, ενώ με τη μέθοδο 1M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ( $\text{pH}=8.2$ ) 6,6 cmol<sub>c</sub>/kg και 58,9 cmol<sub>c</sub>/kg αντίστοιχα. Με τη μέθοδο του 1M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ( $\text{pH}=7$ ) το 8% του συνόλου των δειγμάτων έχουν τιμή ηλεκτρικού φορτίου που κυμαίνεται από 0-10cmol<sub>c</sub>/kg, το 59% τιμή μεταξύ 10-20 cmol<sub>c</sub>/kg, το 22% μεταξύ 20-30 cmol<sub>c</sub>/kg, το 9% μεταξύ 30-40 cmol<sub>c</sub>/kg, το 1% μεταξύ 40-50 cmol<sub>c</sub>/kg και το υπόλοιπο 1% μεγαλύτερο από 50 cmol<sub>c</sub>/kg. Με τη μέθοδο του 1M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ( $\text{pH}=8.2$ ) το 19% του συνόλου των δειγμάτων το ηλεκτρικό

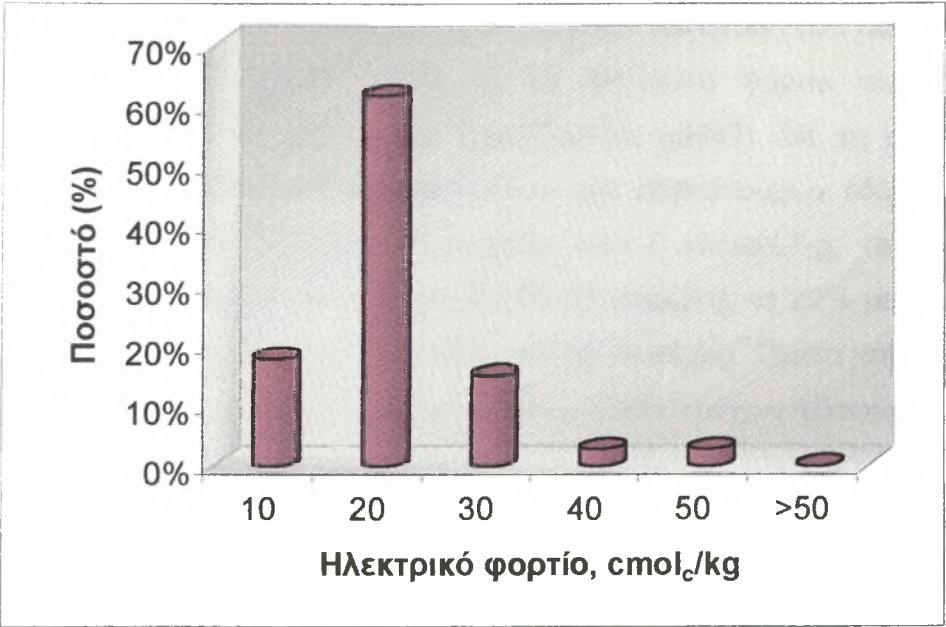
φορτίο κυμαίνεται μεταξύ 0-10cmol<sub>c</sub>/kg, το 59% μεταξύ 10-20 cmol<sub>c</sub>/kg, το 14% μεταξύ 20-30 cmol<sub>c</sub>/kg, και το υπόλοιπο 8% μεταξύ 30-40 cmol<sub>c</sub>/kg.



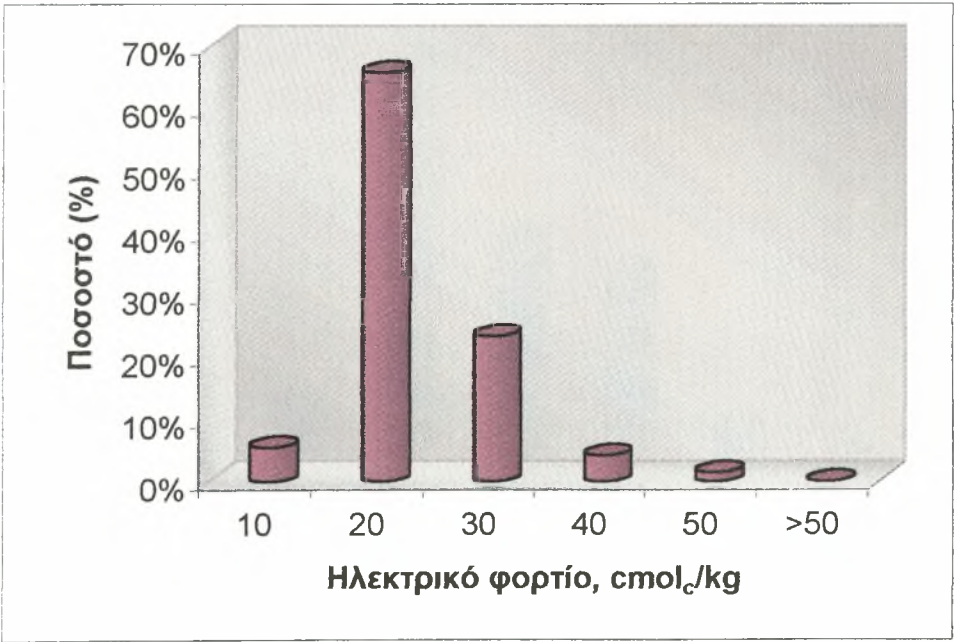
**Σχήμα 4:** Ποσοστιαία κατανομή των εδαφών σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONa (pH=8,2).

Στο σχήμα 5 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των ουδέτερων εδαφών (pH=6,5-7,5) σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7). Με τη μέθοδο αυτή το 18% του συνόλου των δειγμάτων των ουδέτερων εδαφών έχουν τιμή ηλεκτρικού φορτίου που κυμαίνεται από 0-10cmol<sub>c</sub>/kg, το 62% τιμή μεταξύ 10-20 cmol<sub>c</sub>/kg, το 15% μεταξύ 20-30 cmol<sub>c</sub>/kg, το 3% μεταξύ 30-40 cmol<sub>c</sub>/kg και το υπόλοιπο 3% μεταξύ 40-50 cmol<sub>c</sub>/kg. Όμοια στο σχήμα 6 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των ουδέτερων εδαφών (pH=6,5-7,5) σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο 1M CH<sub>3</sub>COONa (pH=8,2). Στο 5% του συνόλου των δειγμάτων το ηλεκτρικό φορτίο κυμαίνεται μεταξύ 0-10cmol<sub>c</sub>/kg, στο 66% μεταξύ 10-20 cmol<sub>c</sub>/kg, στο 23% μεταξύ 20-30 cmol<sub>c</sub>/kg, και στο 4% μεταξύ 30-40 cmol<sub>c</sub>/kg και στο υπόλοιπο 1% η τιμή του ηλεκτρικού φορτίου κυμαίνεται μεταξύ 40-50 cmol<sub>c</sub>/kg.



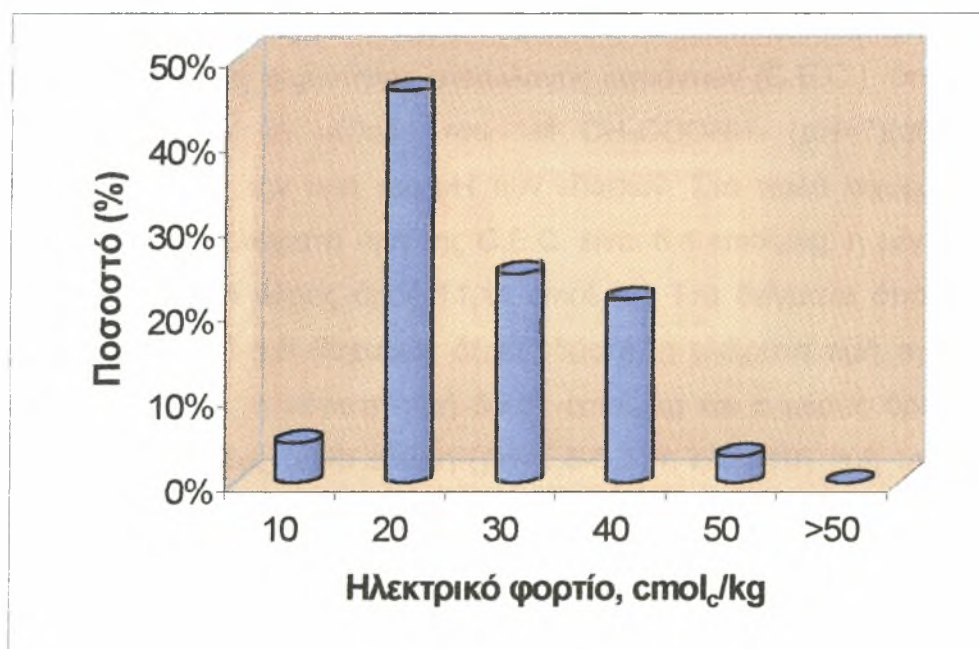


**Σχήμα 5:**Ποσοστιαία κατανομή των ουδέτερων εδαφών (pH=6,5-7,5) σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COOH<sub>4</sub>

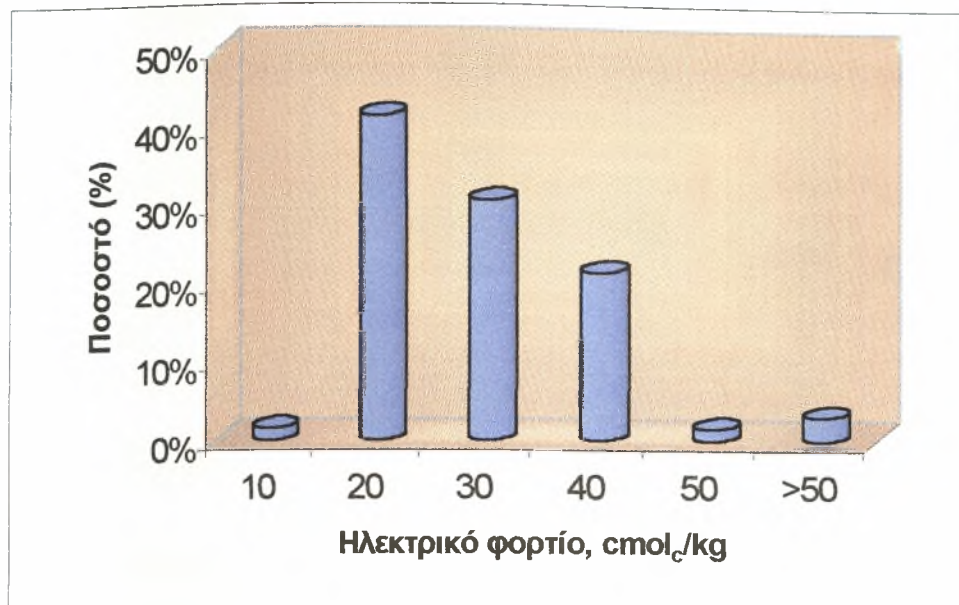


**Σχήμα 6 :** Ποσοστιαία κατανομή των ουδέτερων εδαφών (pH=6,5-7,5) σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONa

Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των ασβεστούχων εδαφών ( $\text{pH}=7,5-8,5$ ) σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο  $1\text{M CH}_3\text{COONH}_4$  ( $\text{pH}=7$ ). Με τη μέθοδο του αυτή το 5% του συνόλου των δειγμάτων των ασβεστούχων εδαφών έχουν τιμή ηλεκτρικού φορτίου που κυμαίνεται από  $0-10\text{cmol}_e/\text{kg}$ , το 46% τιμή μεταξύ  $10-20\text{cmol}_e/\text{kg}$ , το 25% μεταξύ  $20-30\text{cmol}_e/\text{kg}$ , το 22% μεταξύ  $30-40\text{cmol}_e/\text{kg}$  και το υπόλοιπο 3% μεταξύ  $40-50\text{cmol}_e/\text{kg}$ . Όμοια στο σχήμα 8 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των ασβεστούχων εδαφών ( $\text{pH}=7,5-8,5$ ) σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο  $1\text{M CH}_3\text{COONa}$  ( $\text{pH}=8,2$ ). Στο 2% του συνόλου των δειγμάτων το ηλεκτρικό φορτίο κυμαίνεται μεταξύ  $0-10\text{cmol}_e/\text{kg}$ , στο 42% μεταξύ  $10-20\text{cmol}_e/\text{kg}$ , στο 31% μεταξύ  $20-30\text{cmol}_e/\text{kg}$ , στο 22% μεταξύ  $30-40\text{cmol}_e/\text{kg}$ , στο 2% μεταξύ  $40-50\text{cmol}_e/\text{kg}$  και στο υπόλοιπο 3% η τιμή του ηλεκτρικού φορτίου είναι μεγαλύτερη από  $50\text{cmol}_e/\text{kg}$ .



**Σχήμα 7 :** Ποσοστιαία κατανομή των ασβεστούχων εδαφών ( $\text{pH}=7,5-8,5$ ) σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του  $1\text{M CH}_3\text{COONH}_4$



**Σχήμα 8 :** Ποσοστιαία κατανομή των ασβεστούχων εδαφών (pH=7,5-8,5) σε σχέση με το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONa

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές καθώς και οι μέσοι όροι της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C.), όπως αυτή προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7)(αθροιστική μέθοδος), με βάση την τιμή του pH των εδαφών. Στα πολύ ισχυρώς όξινα εδάφη (pH=4-5) η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 5,4 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 14,8 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 11,11 cmol<sub>c</sub>/kg. Στα δείγματα όπου το pH κυμαίνεται μεταξύ 5-5,8 (Ισχυρώς όξινα εδάφη), η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 5,31 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 35,51 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 12,87 cmol<sub>c</sub>/kg. Στα μετρίως όξινα εδάφη (pH=5,8-6,5) η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 6,69 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 34,73 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 14,01 cmol<sub>c</sub>/kg. Στα ουδέτερα εδάφη (pH=6,5-7,5) η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 5,91 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 43,36 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 15,25 cmol<sub>c</sub>/kg. Τέλος, στα ελαφρώς αλκαλικά εδάφη με pH που κυμαίνεται μεταξύ 7,5-8,5 η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 7,57 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 38,3 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 21,33 cmol<sub>c</sub>/kg.

**Πίνακας 2:** Μέγιστες, ελάχιστες τιμές και μέσοι όροι της C.E.C., όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M CH3COONH4 (αθροιστική μέθοδος) με βάση την τιμή του pH

Κατηγορία pH	pH	Ελάχιστη τιμή cmol <sub>c</sub> /kg	Μέγιστη τιμή cmol <sub>c</sub> /kg	M.O. cmol <sub>c</sub> /kg
Πολύ ισχυρώς όξινα	4--5	5,42	14,85	11,11
Ισχυρώς όξινα	5,1- 5,8	5,31	35,51	12,87
Μετρίως όξινα	5,9- 6,5	6,69	34,73	14,01
Ουδέτερα	6,6-7,5	5,91	43,36	15,25
Ελαφρώς αλκαλικά	7,6- 8,5	7,57	38,3	21,33

**Πίνακας 3:** Μέγιστες, ελάχιστες τιμές και μέσοι όροι της C.E.C., όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M CH3COONa (pH=8,2) με βάση την τιμή του pH

Κατηγορία pH	pH	Ελάχιστη τιμή cmol <sub>c</sub> /kg	Μέγιστη τιμή cmol <sub>c</sub> /kg	M.O. cmol <sub>c</sub> /kg
Πολύ ισχυρώς όξινα	4--5	7,6	23,55	13,7
Ισχυρώς όξινα	5,1- 5,8	6,57	44,9	15,96
Μετρίως όξινα	5,9- 6,5	7,54	38,5	16,07
Ουδέτερα	6,6-7,5	7,06	44,2	18,47
Ελαφρώς αλκαλικά	7,6- 8,5	7,36	58,96	24,6

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές καθώς και οι μέσοι όροι της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C.), όπως αυτή προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONa (pH=8,2), με βάση την τιμή του pH των εδαφών. Στα πολύ ισχυρώς όξινα εδάφη (pH=4-5) η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 7,6 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 23,55 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 13,7 cmol<sub>c</sub>/kg. Στα δείγματα όπου το pH κυμαίνεται μεταξύ 5-5,8 (Ισχυρώς όξινα εδάφη), η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 6,57 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 44,9 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 15,96 cmol<sub>c</sub>/kg. Στα μετρίως όξινα εδάφη (pH=5,8-6,5) η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 7,54 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 38,5 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 16,07 cmol<sub>c</sub>/kg. Στα ουδέτερα εδάφη (pH=6,5-7,5) η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 7,06 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 44,2 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 18,47 cmol<sub>c</sub>/kg. Τέλος, στα ελαφρώς αλκαλικά εδάφη με pH που κυμαίνεται μεταξύ 7,5-8,5 η ελάχιστη τιμή της C.E.C. είναι 7,36 cmol<sub>c</sub>/kg, η μέγιστη τιμή 58,96 cmol<sub>c</sub>/kg και ο μέσος όρος 24,6 cmol<sub>c</sub>/kg.





## 5.2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη σύγκριση των μεθόδων του 1M KCl και του 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7) διαπιστώνεται ότι στα όξινα εδάφη η Ε.Ε.Ε., όπως προσδιορίζεται με τη μέθοδο του 1M KCl, είναι μικρότερη από τη Ε.Ε.Ε. που προσδιορίζεται με μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μέθοδος του 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7) προκαλεί καταβύθιση των ιόντων Al<sup>3+</sup> με τη μορφή Al(OH)<sub>3</sub> και ανύψωση του αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου στα εδάφη αυτά.

Από την σύγκριση των μεθόδων 1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH=7) και 1M CH<sub>3</sub>COONa (pH=8,2) οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της Ε.Ε.Ε. τόσο στα ουδέτερα όσο και στα ασβεστούχα εδάφη, προκύπτει ότι έχουμε μια μεγαλύτερη τιμή της Ε.Ε.Ε. με τη μέθοδο του 1M CH<sub>3</sub>COONa (pH=8,2).

### 5.3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αλεξιάδης,Κ.1977.Φυσική και χημική ανάλυση του εδάφους. Θεσσαλονίκη.σελ.160
2. Bache,B.W. and Sharp,G.S.,1976 *J.Soil Sci.*, **27**:167.
3. Evans,S. and Kamprath, E.J.,1970 *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **34**:893.
4. Μήτσιος, Ι.Κ., 1999. Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.σελ.153-218.
5. Μήτσιος, Ι.Κ., 2000 Εδαφολογική Μελέτη και Εδαφολογικός Χάρτης του αγροκτ. του Π.Θ. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
6. Μήτσιος, Ι.Κ., 1997. Μαθήματα Γονιμότητας Εδαφών και Στοιχεία Θρέψης Φυτών. Βόλος.σελ.218-270.
7. Rowell, D.L., 1985 *Soil Science, Methods and Applications*. Longman Group UK Limited.
8. Rowell, D.L. 1988. *Soil Conditions & Plant Growth*. 11<sup>th</sup> edition Longman Group UK.
9. Thomas, G.W. and Hargrove, W., 1984 *Soil Acidity and Liming* 2<sup>nd</sup> end. (ed.F.Adams), ch.1, *Agronomy*, No12, *Am.Soc. Agron.*, Madison.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**Πίνακας 1:** Κωδικοί, Εδαφολογική μονάδα και περιοχή προέλευσης εδαφικών δειγμάτων

	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΚΑΠΝΟΥ
	<b>ΔΟΛΙΧΙ</b>		
1	013/32	B233/A02/Efx	Ελασσόνα
2	013/33	B233/A02/Efx	Ελασσόνα
3	013/34	B233/A02/Efx	Ελασσόνα
4	013/35	B334/A02/Iox	Ελασσόνα
5	013/36	B334/A02/Iox	Ελασσόνα
6	013/37	B334/A02/Iox	Ελασσόνα
7	013/39	B334/A02/Iox	Ελασσόνα
8	013/40	B334/A02/Iox	Ελασσόνα
9	013/40α	B233/A02/Efx	Ελασσόνα
	<b>015 ΔΡΥΜΟΣ</b>		
10	015/43	B314/B11/Eox	Ελασσόνα
11	015/44	B223/B22/Eox	Ελασσόνα
12	015/45	B314/B11/Eox	Ελασσόνα
13	015/46	B223/B22/Eox	Ελασσόνα
14	015/49	B223/B22/Eox	Ελασσόνα
15	015/50	B223/B22/Eox	Ελασσόνα
16	015/51	B223/B22/Eox	Ελασσόνα
17	015/52	C223/Γ20/Eox	Ελασσόνα
	<b>018 ΚΑΛΛΙΘΕΑ</b>		
18	018/53	C435/A00/Efx	Ελασσόνα
19	018/55	C435/A00/Efx	Ελασσόνα
20	018/58	B403/B20/IOX	Ελασσόνα
21	018/59	C433/B20/IOX	Ελασσόνα
22	018/60	C433/B20/IOX	Ελασσόνα
23	018/61	C435/B20/Eox	Ελασσόνα
24	018/62	C435/B20/Eox	Ελασσόνα
25	018/63	C435/B20/Eox	Ελασσόνα
26	018/64	C435/B20/Eox	Ελασσόνα
27	018/69	C433/B20/IOX	Ελασσόνα
28	018/70	C433/B20/IOX	Ελασσόνα
29	018/71	C433/B20/IOX	Ελασσόνα
30	018/72	C433/B20/IOX	Ελασσόνα
	<b>031: ΜΕΣΟΧΩΡΙ</b>		
31	031/75	OXI	Ελασσόνα
32	031/78	OXI	Ελασσόνα
33	031/79	OXI	Ελασσόνα
34	031/80	OXI	Ελασσόνα
35	031/81	OXI	Ελασσόνα
36	031/82	OXI	Ελασσόνα
37	031/84	A334/B23/Eox	Ελασσόνα
	<b>034 ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ</b>		
38	034/85	oxi	Ελασσόνα
39	034/86	oxi	Ελασσόνα
40	034/87	oxi	Ελασσόνα
41	034/88	oxi	Ελασσόνα
42	034/90	oxi	Ελασσόνα
43	034/92	oxi	Ελασσόνα
44	034/94	oxi	Ελασσόνα
45	034/95	oxi	Ελασσόνα
46	034/96	oxi	Ελασσόνα
	<b>042 ΣΤΕΦΑΝΟΒΟΥΝΟ</b>		
47	042/99	B112/A01/Iox	Ελασσόνα
48	042/100	C323/A01/Iox	Ελασσόνα

Πίνακας 1: Κωδικοί, Εδαφολογική μονάδα και περιοχή προέλευσης εδαφικών δειγμάτων

49	042/101	B112/A01/Iox	Ελασσόνα
50	042/102	B112/A01/Iox	Ελασσόνα
51	042/103	B112/A01/Iox	Ελασσόνα
52	042/104	B112/A01/Iox	Ελασσόνα
53	042/105	B112/A01/Iox	Ελασσόνα
54	042/106	C433/AO3/Ioxf	Ελασσόνα
<b>043 ΣΥΚΕΑ</b>			
55	043/110	A223/AO1/Ioxf	Ελασσόνα
56	043/111	A223/AO1/Ioxf	Ελασσόνα
57	043/112	A223/AO1/Ioxf	Ελασσόνα
58	043/113	A223/AO1/Ioxf	Ελασσόνα
59	043/114	A223/AO1/Ioxf	Ελασσόνα
60	043/118	oxi	Ελασσόνα
61	043/119	oxi	Ελασσόνα
<b>045 ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ</b>			
62	045/120	A112/B10/Efx	Ελασσόνα
63	045/122	A112/B10/Efx	Ελασσόνα
64	045/123	A112/B10/Efx	Ελασσόνα
65	045/124	A112/B10/Efx	Ελασσόνα
66	045/125	A112/B10/Efx	Ελασσόνα
67	045/127	A113/B11/Efx	Ελασσόνα
68	045/128	A113/B11/Efx	Ελασσόνα
69	045/129	A113/B11/Efx	Ελασσόνα
70	045/130	A113/B11/Efx	Ελασσόνα
71	045/131	A113/B11/Efx	Ελασσόνα
72	045/132	A113/B11/Efx	Ελασσόνα
73	045/133	B112/AOO/Efx	Ελασσόνα
74	045/134	B112/AOO/Efx	Ελασσόνα
75	045/135	B112/AOO/Efx	Ελασσόνα
76	045/136	B112/AOO/Efx	Ελασσόνα
77	045/137	B112/AOO/Efx	Ελασσόνα
78	045/138	B112/AOO/Efx	Ελασσόνα
79	045/139	B112/AOO/Efx	Ελασσόνα
80	045/140	B112/AOO/Efx	Ελασσόνα
81	045/141	B212/AO1/Efx	Ελασσόνα
82	045/142	B212/AO1/Efx	Ελασσόνα
<b>07 ΒΑΛΑΝΙΔΙΑ</b>			
83	07\8	OXI	Ελασσόνα
84	07\18α	OXI	Ελασσόνα
85	07\18β	OXI	Ελασσόνα
86	07/18γ	OXI	Ελασσόνα
<b>010 ΓΑΛΑΝΟΒΡΥΣΗ</b>			
87	010/19	C333/AOO/Efx	Ελασσόνα
88	010/20	C333/AOO/Efx	Ελασσόνα
89	010/21	C333/AOO/Efx	Ελασσόνα
90	010/25	C333/AOO/Efx	Ελασσόνα
91	010/29	C333/AOO/Efx	Ελασσόνα
<b>037 ΠΡΑΙΤΩΡΙ</b>			
92	037/144	oxi	Ελασσόνα
93	037/145	oxi	Ελασσόνα
94	037/147	oxi	Ελασσόνα
<b>038 ΠΥΘΙΟ</b>			
95	038/151	A2O3/A03/Efx	Ελασσόνα
96	038/152	A2O3/A03/Efx	Ελασσόνα
97	038/154	A2O3/A03/Efx	Ελασσόνα
<b>011 ΑΣΗΜΟΧΩΡΙ</b>			

Πίνακας 1: Κωδικοί, Εδαφολογική μονάδα και περιοχή προέλευσης εδαφικών δειγμάτων

98	011/87	B434/A00/Axh	Βιρτζίνια
99	011/88	B434/A00/Axh	Βιρτζίνια
100	011/88α	C435/A01/Vxch	Βιρτζίνια
013 ΓΕΛΑΝΘΗ			
101	013/110	B334/A02/Iox	Ελασσόνα
102	013/111	A213/A03/Efx	Ελασσόνα
103	013/112	A233/A00/Axh	Ελασσόνα
104	013/113	C332/A03/Efx	Ελασσόνα
016 ΔΑΣΟΧΩΡΙ			
105	016/61	C434/A01/Axh	Βιρτζίνια
106	016/64	C434/A01/Axh	Μπέρλεου
107	016/65	C434/A11/Axh	Μπέρλεου
017 ΖΑΙΜΙ			
108	017/90	B333/A00/Axh	Βιρτζίνια
109	017/91	P333/A00/Axh	Μπέρλεου
110	017/92	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
111	017/93	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
112	017/94	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
019 ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ			
113	019/96	B233/A00/Iox	Βιρτζίνια
114	019/97	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
115	019/101	C434/A01/Axh	Μπέρλεου
116	019/102	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
117	019/105	B233/A00/Iox	Μπέρλεου
025 ΚΑΡΠΟΧΩΡΙ			
118	025/1	C434/A01/Axh	Βιρτζίνια
119	025/4	C434/A01/Axh	Βιρτζίνια
120	025/5	C434/A01/Axh	Βιρτζίνια
121	025/12	B333/A00/Axh	Βιρτζίνια
122	025/15	C434/A01/Axh	Μπέρλεου
123	025/17	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
124	025/22	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
125	025/23	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
126	025/29	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
029 ΛΕΟΝΤΑΡΙ			
127	029/70	B434/A00/Axh	Βιρτζίνια
128	029/78	B434/A00/Axh	Βιρτζίνια
129	029/85	B434/A00/Axh	Βιρτζίνια
130	029/86	B434/A00/Axh	Βιρτζίνια
037 ΜΑΥΡΟΜΑΤΙ			
131	037/106	A233/A00/Axh	Ελασσόνα
132	037/107	A233/A00/Axh	Ελασσόνα
133	037/108	A233/A00/Axh	Ελασσόνα
134	037/109	A233/A00/Axh	Ελασσόνα
039 ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙ			
135	039/59	C434/A01/Ioxf	Βιρτζίνια
136	039/60	C434/A01/Axh	Βιρτζίνια
040 ΜΗΤΡΟΠΟΛΗ			
137	040/116	B333/A00/Axh	Βιρτζίνια
138	040/117	B333/A00/Axh	Βιρτζίνια
139	040/118	A002/A02/Efx	Ελασσόνα
140	040/119	B233/A01/Efx	Ελασσόνα
141	040/122	A233/A01/Efx	Ελασσόνα
142	040/124	B333/A00/Axh	Ελασσόνα
143	040/127	B334/A00/Axh	Ελασσόνα
041 ΜΥΡΙΝΗ			

Πίνακας 1: Κωδικοί, Εδαφολογική μονάδα και περιοχή προέλευσης εδαφικών δειγμάτων

144	041/142	C434/A01/Axh	Βιρτζίνια
145	041/143	B333/A01/Ioxf	Βιρτζίνια
146	041/145	B113/A01/Efx	Μπέρλεου
<b>053 ΦΡΑΓΚΟ</b>			
147	053/114	B334/A00/Axh	Ελασσόνα
148	053/115	B223/A00/Ioxf	Ελασσόνα
<b>001 ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ</b>			
149	001/128	C334/A02/Ioxf	Βιρτζίνια
150	001/131	B333/A00/Axh	Βιρτζίνια
151	001/132	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
152	001/138	B333/A00/Axh	Μπέρλεου
<b>007 ΑΜΠΕΛΟΣ</b>			
153	007/31	C434/A00/Axh	Βιρτζίνια
154	007/40	B333/A00/Axh	Βιρτζίνια
155	007/43	C434/A01/Axh	Βιρτζίνια
156	007/45	C434/A00/Axh	Βιρτζίνια
157	007/47	C434/A00/Axh	Βιρτζίνια
158	007/48	C434/A00/Axh	Βιρτζίνια
159	007/51	C233/A00/Axh	Βιρτζίνια
160	007/53	C434/A00/Axh	Μπέρλεου
161	007/57	C434/A01/Axh	Μπέρλεου
162	007/58	C233/A00/Axh	Μπέρλεου
<b>008 ΑΝΑΒΡΑ</b>			
163	008/69	A334/A00/Eoxf	Βιρτζίνια
<b>031: ΠΛΑΤΑΝΟΣ</b>			
164	031/30	B334/A03/Efx	Βιρτζίνια
165	031/36	B334/A03/Efx	Ελασσόνα
166	031/37	B334/A03/Efx	Ελασσόνα
167	031/38	B334/A03/Efx	Ελασσόνα
168	031/39	A224/A01/Efx	Ελασσόνα
<b>05 ΑΡΔΑΝΙ</b>			
169	05\49	A334/Γ23/Eox	Ελασσόνα
170	05\50	A334/Γ23/Eox	Ελασσόνα
171	05\51	A334/Γ23/Eox	Ελασσόνα
172	05\52	C434/A03/Efx	Ελασσόνα
173	05\53	A334/Γ23/Eox	Ελασσόνα
174	05\54	A334/Γ23/Eox	Ελασσόνα
<b>015 ΓΡΙΖΑΝΙΟ</b>			
175	015/72	A112/A00/Efx	Βιρτζίνια
176	015/73	A112/A00/Efx	Ελασσόνα
177	015/74	A112/A00/Efx	Βιρτζίνια
178	015/75	A112/A00/Efx	Βιρτζίνια
<b>010 ΒΑΣΙΛΙΚΗ</b>			
179	010/77	A203/A01/Iox	Βιρτζίνια
180	010/78	A203/A01/Iox	Βιρτζίνια
181	010/79	A203/A01/Iox	Βιρτζίνια
182	010/80	A203/A01/Iox	Βιρτζίνια
183	010/82	A203/A01/Iox	Βιρτζίνια
184	010/83	A203/A01/Iox	Ελασσόνα
185	010/84	A122/A02/Efx	Ελασσόνα
186	010/85	A122/A02/Efx	Ελασσόνα
<b>017 ΘΕΟΠΕΤΡΑ</b>			
187	017/86	oxi	Ελασσόνα
188	017/88	oxi	Ελασσόνα
189	017/89	oxi	Ελασσόνα
190	017/90	oxi	Ελασσόνα



Πίνακας 1: Κωδικοί, Εδαφολογική μονάδα και περιοχή προέλευσης εδαφικών δειγμάτων

191	017/91	οxί	Ελασσόνα
192	017/92	οxί	Ελασσόνα
193	017/93	οxί	Ελασσόνα
194	017/94	οxί	Ελασσόνα
<b>034 ΠΑΛΑΙΟΠΥΡΓΟΣ</b>			
195	034/57	A324/B13/Eox	Ελασσόνα
196	034/58	A324/B13/Eox	Ελασσόνα
197	034/59	A324/B13/Eox	Ελασσόνα
198	034/61	A324/B13/Eox	Ελασσόνα
199	034/62	A324/B13/Eox	Ελασσόνα
200	034/63	A324/Γ23/Eox	Ελασσόνα
201	034/64	A324/Γ23/Eox	Ελασσόνα
202	034/65	A324/Γ23/Eox	Ελασσόνα
<b>029: ΡΙΖΩΜΑ</b>			
203	029/2	B334/A03/Efx	Ελασσόνα
204	029/10	B334/A03/Efx	Ελασσόνα
205	029/11	B334/A03/Efx	Ελασσόνα
206	029/14	B334/A03/Efx	Ελασσόνα
207	029/15	B334/A03/Efx	Ελασσόνα
208	029/16	B334/A03/Efx	Ελασσόνα
<b>003 ΑΡΓΥΡΟΠΟΥΛΙ</b>			
209	003/1	A323/A00/Efx	Ελασσόνα
210	003/2	A323/A00/Efx	Ελασσόνα
211	003/3	B323/A01/Iox	Ελασσόνα
212	003/4	B323/B01/Iox	Βιρτζίνια
213	003/5	B323/A12/Iox	Βιρτζίνια
214	003/6	A223/B10/Iox	Βιρτζίνια
<b>019 ΡΟΔΙΑ</b>			
215	019/7	A212/A10/Efx	Βιρτζίνια
216	019/8	C223/A03/Efx	Βιρτζίνια
217	019/9	B333/A01/Axhc	Βιρτζίνια
218	019/10	B223/A02/EFX	Βιρτζίνια

Πίνακας 2: Ποσότητες ανταλλάξιμων κατιόντων στα όξινα εδάφη και το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, Ε.Ε.Ε.Σ., ως και η Σ.Ε.Σ.

ΚΩΔΙΚΟΣ	pH -KCl	pH 1/1 H2O	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %	EC μS/sm	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			ΑΙ <sup>3+</sup> +Η <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> cmolc/Kg	Mg <sup>2+</sup> εδάφους	ΕΕΕΣ		ΑΙ <sup>3+</sup> +Η <sup>+</sup> / ΕΕΕΣ	ΑΙ <sup>3+</sup> +Η <sup>+</sup> / ΑΙ <sup>3+</sup> +Η <sup>+</sup> / ΕΕΕΣ	
					ΑΡΓΙΛΟΣ/ΑΜΜΟΣ	ΙΑΥΣ	ΤΥΠΟΣ				ΕΕΕΣ	ΕΕΕΣ			
045/122	5	5,6	0,8	135	53,6	15,3	29	C	0,14	6,14	2,57	8,85	9,86	0,016	0,014
045/125	5,2	5,8	1,7	390	33,8	18,5	44,2	SiCL	0,1	5,47	1,07	6,63	9,08	0,015	0,011
045/131	5,3	5,8	0,9	144	25,6	44,4	30	L	0,08	5,57	1,2	6,85	7,45	0,012	0,011
045/127	5,3	5,9	1,3	128	21,6	46,4	62	L	0,1	3,43	1,06	4,58	8,19	0,022	0,012
013/112	4,9	5,3	1,1	401	30,8	39,1	33	CL	0,78	9,44	2,27	12,49	13,04	0,062	0,060
037/107	4,7	5,2	1	337	26,8	45,1	28,2	SCL	0,15	6,03	1,9	8,08	12,65	0,019	0,012
025/17	5,2	5,7	2	417	34,6	27,4	38,1	CL	0,12	7,37	3,4	10,89	15,27	0,011	0,008
025/29	5,5	6	0,3	360	22,5	57,3	20,2	SCL	0,07	6,27	2,88	9,22	6,69	0,008	0,010
045/134	5,1	5,3	0,9	200	24,9	46,6	28,6	L	0,12	4,9	1,08	6,09	7,61	0,020	0,016
045/140	4,9	5,2	1,6	181	30,1	23,2	46	CL	0,16	6,41	1,69	8,26	10,02	0,019	0,016
045/141	4,8	5,2	1,4	191	29,9	33,4	37,3	CL	0,13	6,24	1,44	7,81	9,67	0,017	0,013
045/142	5,3	5,8	1,8	198	30,7	34,9	34,4		0,11	9,8	2,08	11,99	13,23	0,009	0,008
053/115	4,5	5,2	1,7	228	31,3	37,2	31,6	CL	0,96	5,85	1,42	8,22	13,76	0,117	0,070
015/50	5,4	5,9	1,8	360	32,9	34	33,1	CL	0,06	10,08	3,06	13,2	17,63	0,005	0,003
015/44	5	6,1	1,4	303	54,9	16,4	28,7	C	0,14	22,34	3,4	25,88	34,73	0,005	0,004
040/119	4,6	5,5	1,5	231	28,6	36,7	34,7	CL	0,27	12,54	3,06	15,87	18,37	0,017	0,015
015/43	5,3	5,8	1,8	403	33,3	17,4	49,3	SiCL	0,13	16,65	3,95	20,73	21,57	0,006	0,006
015/45	5,1	5,1	1,8	130	36	49,4	14,6	SC	0,12	19,69	2,15	21,96	23,17	0,005	0,005
017/91	4,3	4,9	1,4	486	33,5	22,6	43,9	CL	1,86	8,69	2,97	13,52	14,01	0,138	0,133
017/92	4,5	5,2	1,3	290	30,2	28,6	41,2	CL	0,66	8,03	4,22	12,9	11,82	0,051	0,056
017/93	5,3	5,7	1	558	28,6	35,6	35,8	CL	0,52	8,97	2,43	11,91	13,31	0,044	0,039
017/94	4,7	5,4	1,1	436	29,3	40,6	30,2	CL	1,14	8,57	3,66	13,37	16,19	0,085	0,070
019/96	4,7	5,5	1	290	22,7	38,8	38,5	L	0,16	8,34	2,4	10,89	14,07	0,015	0,011
019/97	4,4	4,8	1,8	310	30	38,4	31,6	CL	0,39	7,89	2,59	10,87	12,35	0,036	0,032
019/102	5,6	5,9	0,9	293	27,5	26	46,5	CL	0,1	10,88	2,85	13,83	14,8	0,007	0,007
025/22	6,3	1,2	1,1	360	22,2	42,4	35,4	L	0,18	5,79	2,05	8,01	10,54	0,022	0,017
025/23	4,5	0,7	0,8	260	22,7	39	38,3	L	0,24	5,58	1,76	7,57	9,43	0,032	0,025
040/117	4,1	4,8	1,9	305	30,9	30,6	38,6	CL	0,42	8,05	2,54	11,01	14,3	0,038	0,029
053/114	4,1	4,7	1,6	200	28,9	35,9	35	CL	0,36	9,87	2,25	12,48	14,85	0,029	0,024
019/105	5	5,3	1,6	360	44,4	29,2	26,4	C	0,1	6,77	1,5	8,37	11,24	0,012	0,009
040/124	4	4,6	1,2	333	26,8	41,9	31,3	L	1,16	5,97	1,81	8,94	9,36	0,130	0,124

Πίνακας 2: Ποσότητες ανταλλαξιμων κατιόντων στα όξινα εδάφη και το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, Ε.Ο.Ε.Ο., ως και η Ο.Ε.Ο.

ΚΩΔΙΚΟΣ	pH -KCl	pH 1/1 H2O	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %	EC μS/sm	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			ΑΙ <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> cmolc/Kg εδάφους	Mg <sup>2+</sup>	ECEC	CEC	ΑΙ <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup> / ECEC	ΑΙ <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup> / CEC	
					ΑΡΓΙΛΟΣ ΆΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΤΥΠΟΣ								
041/143	4,6	5,3	1,6	360	44,4	29,2	26,4	C	0,2	13,02	3,86	17,08	24,63	0,012	0,008
001/132	5,1	6	1,8	458	27,3	25,1	47,6	SIL	0,72	6,1	1,08	7,9	11,05	0,091	0,065
040/127	4,3	5,2	1,6	154	24,4	45,4	30,1	L	0,48	8,41	2,12	11	14,18	0,044	0,034
007/40	4,1	4,9	1,2	270	26,5	38	35,5	L	1,98	5,15	1,92	9,05	10,01	0,219	0,198
013/110	5,3	5,9	1,2	153,2	24,4	47,3	28,3	SCL	0,44	9	1,35	10,79	13,49	0,041	0,033
013/113	5,2	5,7	1,1	307	27,9	36,4	35,8	CL	0,62	9,53	1,75	11,9	10,27	0,052	0,060
018/70	4,1	4,8	1	258	19,3	52,7	28	SCL	0,7	6,63	1,83	9,16	12,85	0,076	0,054
016/61	5,3	5,6	0,8	558	20,7	41,8	37,4	L	0,1	4,67	1,54	6,31	9,06	0,016	0,011
019/95	5,1	5,6	1,3	490	25	44,2	30,5	SCL	0,12	5,91	1,42	7,44	10,9	0,016	0,011
019/101	4,6	5	1,5	320	28	35,3	36,7	CL	0,24	8,48	2,57	11,29	13,89	0,021	0,017
041/142	4,9	5,8	2,4	351	39,7	32	28,3	CL	0,1	9,86	3,4	13,36	19,79	0,007	0,005
018/53	4,5	5,1	0,9	390	24,4	61,2	14,4	SCL	0,3	5,03	1,63	6,96	7,1	0,043	0,042
018/55	4,4	5	1,9	205	33,1	50,5	16,4	SCL	0,62	9,49	1,13	11,24	14,79	0,055	0,042
018/63	5	5,8	2,2	222	40,4	45,2	14,4	C	0,32	13,29	2,63	16,24	20,3	0,020	0,016
031/81	4,6	5,5	0,9	192	22,6	48,7	28,7	SCL	0,3	10,18	2,43	12,91	13,59	0,023	0,022
034/85	4,8	4,8	1,2	386	20,5	67,4	12,1	SCL	0,56	4,29	1,15	6	7,35	0,093	0,076
034/96	4,4	6,3	1	231	22,2	63,4	14,4	SCL	0,3	6,3	1,63	8,22	9,37	0,036	0,032
034/92	4,9	5,4	1	238	29,1	52,2	18,7	SCL	0,16	7,21	1,72	9,08	10,88	0,018	0,015
034/87	4,8	5,9	0,9	306	40	48	12	SC	0,18	11,46	2,73	14,37	19,16	0,013	0,009
034/90	5,3	5,7	1,1	188	38	46,6	15,4	SC	0,11	6,97	1,36	8,44	9,88	0,013	0,011
043/118	5,1	5,6	0,9	402	13,3	44,4	42,4	L	0,31	7,6	2,45	10,36	13,54	0,030	0,023
043/119	4,8	5,2	1,1	378	12,7	54	33,3	SL	0,48	9,43	0,47	10,38	12,1	0,046	0,040
037/144	4,8	5,9	1,6	134	22,4	51,7	25,9	SCL	0,3	11,7	3,06	15,06	11,21	0,020	0,027

Πίνακας 3: Χημικές ιδιότητες των εδαφών και ποσότητες ανταλλάξιμων κατιόντων των δειγμάτων και το ηλεκτρικό φορτίο αυτών. C.E.C.

ΚΩΔΙΚΟΣ	pH 1/1 H <sub>2</sub> O	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %	EC μS/sm	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ				Κ <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> cmol/kg	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CEC (cmol <sub>c</sub> /kg)	
				ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΤΥΠΟΣ					Άθροισμα	Οξ.νάρριο
013/32	6,8	1,7	198	28,9	33,4	37,6	CL	0,5	0,2	9,0	1,2	10,8	9,6
013/33	7,1	1,2	172	24	51,6	24,4	SCL	0,7	0,6	11,3	1,6	14,2	24,9
013/34	6,7	1,5	155	30,3	43,1	26,6	CL	0,6	0,2	10,3	1,8	12,9	13,9
013/35	7,5	2	160	23,3	44,1	32,6	L	0,4	0,2	13,6	1,1	15,4	25,3
013/37	7,3	1,6	160	26	44	30	L	0,6	0,4	6,3	0,3	7,6	20,5
013/39	7,1	0,8	134	24,1	45,3	30,6	L	1,2	0,3	8,2	1,1	10,8	15,3
013/40	6,7	1,5	242	30	50,3	19,7	SCL	0,8	0,2	20,9	1,2	23,1	19,5
013/40α	7,7	2	201	30,9	35,4	33,6	CL	0,8	0,2	24,1	0,8	25,9	15,9
015/43	5,8	1,8	403	33,3	17,4	49,3	SiCL	0,8	0,4	18,2	2,2	21,6	35,2
015/44	6,1	1,4	303	54,9	16,4	28,7	C	0,6	0,5	26,6	7,0	34,7	38,5
015/45	5,1	1,8	130	36	49,4	14,6	SC	0,6	0,2	17,3	5,1	23,2	11,5
015/46	7,7	1	386	28,6	44,7	26,7	CL	0,4	0,5	4,7	2,1	7,6	7,4
015/49	6,1	1,3	373	28	52,4	19,7	SCL	1,2	1,6	13,2	5,3	21,2	24,1
015/50	5,9	1,8	360	32,9	34	33,1	CL	0,4	0,6	12,3	4,3	17,6	21,4
015/51	6,6	1,8	372	30,6	41,4	28	CL	0,9	1,6	9,7	3,9	16,1	19,1
015/52	6,7	1,8	364	58	18	24	C	0,4	0,6	25,6	7,4	33,9	33,1
018/53	5,1	0,9	390	24,4	61,2	14,4	SCL	0,4	0,4	5,2	1,0	7,1	7,9
018/55	5	1,9	205	33,1	50,5	16,4	SCL	0,5	0,4	11,4	2,5	14,8	23,6
018/58	6,9	1,5	335	24,4	56,4	19,3	SCL	0,5	0,8	11,2	3,4	15,9	13,7
018/59	6,8	1,3	345	24,8	58,9	16,4	SCL	0,4	0,7	7,7	2,0	10,8	10,1
018/60	5,4	1,6	239	28,6	50,7	20,7	SCL	0,5	0,4	5,2	2,3	8,4	11,0
018/61	5,2	1,7	172	26,8	42,9	30,4	L	0,5	0,5	5,9	1,3	8,1	9,0
018/62	5,7	1,7	250	32,4	49,2	18,4	SCL	0,8	0,4	5,9	1,3	8,4	9,1
018/63	5,8	2,2	222	40,4	45,2	14,4	C	1,3	0,7	15,4	2,8	20,3	23,7
018/64	5,7	2,8	355	47,1	36,5	16,4	C	0,9	0,6	17,8	3,2	22,4	24,5
018/69	5,9	1,8	280	26,4	53,2	20,4	SCL	0,4	0,8	4,8	3,1	9,2	11,0
018/70	4,8	1	258	19,3	52,7	28	SCL	0,6	1,0	7,5	3,8	12,9	14,7
018/71	6,5	2,1	263	18,4	61,3	20,3	SL	0,7	0,5	5,0	1,2	7,3	12,4
018/72	6,7	1,3	355	24,4	62,4	13,3	SCL	0,5	0,5	13,7	0,6	15,2	17,7
031/75	8,3	3,4	335	33,3	44,7	22	CL	1,1	0,3	12,6	1,2	15,2	21,6
031/78	7,3	1,7	258	22,9	41,4	35,6	L	0,5	36,0	9,3	1,8	47,6	18,7
031/79	6,5	1,8	233	35,8	43,4	20,7	CL	0,6	0,4	19,0	2,9	22,9	23,6



Πίνακας 3 Ποσότητες ανταλλαξιμων κατιόντων των δειγμάτων και το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, C.E.C.

ΚΩΔΙΚΟΣ	pH 1/1 H2O	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %	EC μS/cm	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			Κ*	cmol <sub>c</sub> /kg			Mg <sup>2+</sup>	CEC(cmol <sub>c</sub> /kg)	
				ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ		Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>			Αθροισμα	Οξ.νάτριο
031/80	7,4	2	262	36,9	37,4	25	CL	1,0	16,8		1,4	19,8	17,75
031/81	5,5	0,9	192	22,6	48,7	28,7	SCL	0,4	10,1		2,7	13,6	21,86
031/82	7	1,1	185	19,3	58,7	22	SL	0,4	8,3		1,7	11,0	14
031/84	7,8	1,2	292	35,3	33,1	31,6	CL	0,4	35,8		1,3	38,3	34,99
034/85	4,8	1,2	386	20,5	67,4	12,1	SCL	1,2	4,6		1,0	7,4	10,32
034/86	6,3	1	231	22,2	63,4	14,4	SCL	1,6	8,0		2,0	12,2	7,61
034/87	5,9	0,9	306	40	48	12	SC	0,6	14,3		3,4	19,2	21,13
034/88	6,5	1,3	238	36,7	42,7	20,6	SC	0,8	13,0		6,6	21,3	22,9
034/90	5,7	1,1	188	38	46,6	15,4	SC	1,2	6,6		1,3	9,9	10,07
034/92	5,4	1	238	29,1	52,2	18,7	SCL	0,3	8,2		1,8	10,9	11,55
034/94	5,8	1,4	261	20,5	66,4	13,1	SCL	1,3	7,8		2,1	11,9	15,23
034/95	6,3	0,8	315	20,1	66	13,9	SCL	1,5	9,4		2,3	13,7	12,77
034/96	5,2	1,9	257	14	72,4	13,7	SCL	0,9	6,6		1,4	9,4	12,5
042/99	8	0,9	228	23,4	39,4	37,2	L	0,5	12,7		2,6	16,2	16,54
042/100	7,2	1,2	260	24,7	37,6	37,6	L	0,5	18,0		2,9	21,8	21,13
042/101	8,3	1,3	225	20,4	41,6	38	L	0,5	23,3		1,2	25,4	25,02
042/102	7,7	1,1	232	23	42,6	35,4	L	0,6	11,6		1,8	14,3	16,23
042/103	7,6	1,2	217	24,4	34	41,6	L	0,6	11,0		1,9	14,0	14,15
042/104	7,5	1,2	220	28,7	37	34,3	CL	0,6	11,4		2,6	15,0	17,25
042/105	7,7	1,2	268	35,3	22,4	42,4	CL	0,6	26,1		3,6	30,9	34,8
042/106	8,3	1,1	281	29,3	36,7	34	CL	0,5	17,8		2,8	21,8	21,13
043/110	8,1	1,1	274	19,3	25,4	55,3	SiL	0,4	7,8		3,3	11,9	22,67
043/111	7,9	1	258	29,6	15,4	55	SiCL	0,4	31,7		3,1	35,9	58,96
043/112	8	1	280	24,4	40,4	35,3	L	0,3	22,4		4,6	27,7	28,33
043/113	8,1	1,8	180	14,7	55	30,3	SL	0,1	6,4		3,1	9,9	13,26
043/114	6,8	1,1	170	19,6	26	54,4	SiL	0,4	5,8		2,5	9,1	17,99
043/118	5,6	0,9	402	13,3	44,4	42,4	L	0,3	3,1		2,1	5,9	14,09
043/119	5,2	1,1	378	12,7	54	33,3	SL	1,0	2,8		0,6	4,9	13,3
045/120	7,4	1	163	13,6	74,4	12	SL	0,2	5,7		0,9	7,1	7,06
045/123	6,4	0,6	251	26	42,6	31,4	L	0,6	6,3		1,2	8,5	10,63
045/124	6,3	1,3	132	31,3	26,7	42	CL	0,6	8,0		1,6	10,5	14,99
045/127	5,9	1,3	128	21,6	46,4	62	L	0,4	6,3		1,1	8,2	12,87

Πίνακας 3: Ποσότητες ανταλλαξιμίων κατιόντων των δειγμάτων και το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, C.E.C.

ΚΩΔΙΚΟΣ	pH 1/1 H <sub>2</sub> O	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %	EC μS/sm	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ				Κ <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> cmol/kg		Ca <sup>2+</sup> cmol/kg	Mg <sup>2+</sup>	CEC (cmol <sub>c</sub> /kg)	
				ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΤΥΠΟΣ						Αθροισμα	Οξ.νέτριο
045/128	6,5	1		17,6	48,7	33,6	L	0,2	0,4		4,5	1,0	6,2	14,95
045/129	6	1,1	235	21,3	34,7	44	L	0,5	0,6		7,9	1,6	10,6	11,72
045/130	6,1	1,1	150	19,3	40,4	40,4	L	0,3	0,3		6,9	1,2	8,7	7,54
045/131	5,8	0,9	144	25,6	44,4	30	L	0,5	0,4		5,5	1,0	7,5	7,9
045/132	6,2	1	139	33,3	26,7	40	CL	0,6	0,4		9,9	1,6	12,5	14,9
045/134	5,3	0,9	200	24,9	46,6	28,6	L	0,6	0,3		5,7	1,0	7,6	7,78
045/135	6,4	1,3	167	35,3	30,4	34,4	CL	0,6	0,4		8,5	1,6	11,0	14,85
045/136	6,9	1,1	283	28,6	26	45,4	L	0,6	0,4		13,4	1,8	16,2	17,5
045/137	5,8	1,3	502	29,6	26,4	44	CL	0,6	1,4		9,5	2,0	13,4	14,85
045/138	6,3	1,1	140	31,3	33,7	35	CL	0,6	0,4		10,2	1,7	12,9	17,99
045/139	6,6	1,6	184	36	20,3	43,7	CL	0,9	0,4		10,8	2,5	14,5	26,8
045/140	5,2	1,6	181	30,1	23,2	46	CL	0,7	0,3		7,3	1,7	10,0	19,2
045/141	5,2	1,4	191	29,9	33,4	37,3	CL	0,6	0,2		7,4	1,5	9,7	9,99
045/142	5,8	1,8	198	30,7	34,9	34,4	L	0,4	0,2		10,8	1,9	13,2	18,45
007/8	7,7	1,8	373	58,2	17,6	24,2	C	0,6	0,4		31,0	3,7	35,7	38,1
007/18α	8,1	1,8	388	44,6	18,2	37,2	C	1,0	0,3		17,1	2,1	20,4	24,04
007/18β	7,8	1,9	420	28,8	44,2	27,1	CL	0,8	0,2		24,9	1,2	27,1	29,23
007/18γ	7,9	1,3	385	49,7	21,6	28,7	C	0,8	0,4		22,0	2,6	25,8	25,15
010/19	8,4	1,3	415	34,6	40,8	24,6	CL	0,8	1,1		8,9	2,9	13,7	24,4
010/20	8,1	1,2	468	46,6	29,8	23,6	C	0,9	1,0		40,9	2,2	44,9	36,3
010/21	5,1	1,3	548	30,6	45,4	24	CL	1,2	0,7		28,7	5,0	35,5	44,9
010/25	6,9	1,2	450	26	42,4	31,6	L	0,9	0,7		13,8	4,8	20,1	20,91
010/29	7	1,1	323	26	49,3	24,7	SCL	0,4	0,7		9,8	2,9	13,8	24,64
037/144	5,9	1,6	134	22,4	51,7	25,9	SCL	0,4	0,6		6,5	3,7	11,2	15,75
037/145	6,5	1,4	253	27,3	46,4	26,4	SCL	0,7	0,9		6,0	2,2	9,8	11,67
037/147	5,7	0,6	219	16	60	24,1	SL	0,7	0,5		3,1	1,0	5,3	6,57
038/151	6,6	1,9	133	23,6	53	23,4	SCL	0,5	0,5		11,3	1,0	13,3	13,37
038/152	8,1	2,4	258	36	44,4	19,6	CL	0,9	0,3		32,3	1,6	35,1	19,7
038/154	7,9	3,6	269	44,1	30,8	24,2	C	1,1	0,3		34,8	2,0	38,2	39,22
001/128	7,3	1,3	436	27,7	39,5	32,8	CL	0,9	4,9		6,9	4,7	17,4	19,82
001/131	7,6	1,3	488	25,3	32,2	42,4	L	2,9	1,2		5,9	9,2	19,1	17,56
001/132	6	1,8	458	27,3	25,1	47,6	SIL	0,8	0,7		5,9	3,7	11,1	11,19

Πίνακας 3: Ποσότητες ανταλλάξιμων κατιόντων των δειγμάτων και το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, C.E.C.

ΚΩΔΙΚΟΣ	pH 1/1 H2O	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %	EC μS/cm	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ				Κ <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CEC(cmol <sub>c</sub> /kg)	
				ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΤΥΠΟΣ		cmol <sub>c</sub> /kg				Άθροισμα	Οξ.νάντριο
001/138	7,4	1,2	341	23,5	34,8	41,7	L	0,5	1,0	8,4	5,2	15,0	15,66	
007/31	7	0,9	295	32,5	42	25,5	CL	0,8	0,9	4,5	2,6	8,8	12,51	
007/40	4,9	1,2	270	26,5	38	35,5	L	0,5	0,6	6,8	2,1	10,0	10,79	
007/43	6,6	1,2	319	28,2	32,6	39,2	CL	1,9	0,9	9,3	2,2	14,3	17,01	
007/45	6,4	1,1	410	31,3	30,6	38,2	CL	0,6	0,9	5,9	2,6	10,0	9,32	
007/47	6,5	1,3	385	32,6	33	34,4	CL	0,6	0,9	8,8	6,0	16,2	21,41	
007/48	7	1,2	345	28,4	34,7	36,9	CL	1,2	0,5	9,0	3,1	13,8	17,42	
007/51	6,7	1,1	316	20,2	46,9	32,9	L	1,2	0,6	5,6	3,7	14,9	19,07	
007/53	6,7	1,2	522	28,7	39,6	31,7	CL	0,7	0,7	7,1	6,7	15,1	15,28	
007/57	5,7	1,1	360	25,3	29,4	45,3	L	0,4	0,5	4,3	2,0	7,3	10,79	
007/58	6,9	1,1	399	23,3	41,1	35,6	L	0,5	1,0	8,6	2,4	12,4	11,52	
008/69	7,2	1,3	502	28	38,8	33,2	CL	1,0	0,4	19,9	5,3	26,6	24,13	
011/88	8	1,1	348	23,1	44	32,9	L	0,5	0,5	21,4	1,2	23,5	26,32	
011/88α	7,9	1,2	390	33,1	40	26,9	CL	0,6	0,6	28,6	3,1	32,9	32,08	
013/110	5,9	1,2	153,2	24,4	47,3	28,3	SCL	1,0	0,3	10,1	2,0	13,5	12,4	
013/113	5,7	1,1	307	27,9	36,4	35,8	CL	1,0	0,3	6,3	2,7	10,3	10,7	
016/61	5,6	0,8	558	20,7	41,8	37,4	L	0,8	0,4	5,4	2,6	9,1	9,81	
016/64	6,8	1,6	587	34,7	30,6	34,7	CL	0,8	0,6	13,1	4,9	19,4	20,84	
016/65	6,2	1,8	495	29,3	32,6	38,2	CL	1,3	0,7	9,2	6,6	17,8	19,1	
017/90	7,1	1,1	161,7	22,6	45,6	31,8	L	0,9	0,5	7,5	2,5	11,4	12,89	
017/91	4,9	1,4	486	33,5	22,6	43,9	CL	0,8	0,6	5,2	1,0	7,7	14,01	
017/92	5,2	1,3	290	30,2	28,6	41,2	CL	0,4	0,6	9,3	1,5	11,8	12,1	
017/93	5,7	1	558	28,6	35,6	35,8	CL	0,8	0,4	9,4	2,6	13,3	13,4	
017/94	5,4	1,1	436	29,3	40,6	30,2	CL	0,9	0,5	10,6	4,2	16,2	19,37	
019/96	5,5	1	290	22,7	38,8	38,5	L	0,7	0,4	9,7	3,2	14,1	14,1	
019/97	4,8	1,8	310	30	38,4	31,6	CL	0,8	0,3	10,7	0,6	12,4	14,83	
019/101	5	1,5	320	28	35,3	36,7	CL	0,4	0,4	10,0	3,1	13,9	15,08	
019/102	5,9	0,9	293	27,5	26	46,5	CL	0,3	0,6	3,6	1,0	5,5	15,32	
019/105	5,7	1,4	340	26,7	41,3	32	L	0,4	0,4	9,3	1,1	11,2	15,91	
025/1	7,2	1,2	250	29,3	33,3	37,4	CL	0,9	1,2	6,7	4,9	13,6	13,62	
025/4	6,9	1,5	305	28,1	32	39,9	L	0,8	1,3	8,2	4,8	15,0	15,83	
025/5	6,2	1,1	208	22,9	41,1	36	CL	0,9	0,6	6,9	3,5	11,8	13,86	



Πίνακας 3: Ποσότητες ανταλλάξιμων κατιόντων των δειγμάτων και το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, C.E.C.

ΚΩΔΙΚΟΣ	pH 1/1 H2O	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %	EC μS/cm	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ				Κ <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> /kg			Mg <sup>2+</sup>	Αθροισμα	CEC(cmol <sub>c</sub> /kg)
				ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΤΥΠΟΣ		Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Οξ.νάτριο			
025/12	7,2	1,6	305	31,3	41,1	27,6	CL	0,8	0,6	8,6	2,9	12,8	12,16	
025/15	6,6	0,7	360	32,7	26,6	40,8	CL	0,7	0,9	3,8	4,9	10,3	13,62	
025/17	5,7	2	417	34,6	27,4	38,1	CL	1,1	1,8	9,0	3,3	15,3	15,81	
025/22	4,5	1,2	360	22,2	42,4	35,4	L	0,4	0,6	3,1	0,6	4,7	11,67	
025/23	5	0,7	260	22,7	39	38,3	L	0,7	0,5	2,5	0,5	4,2	10,66	
025/29	6	0,3	360	22,5	57,3	20,2	SCL	1,6	0,4	3,0	1,7	6,7	12,4	
029/70	6,2	1,4	439	30,4	38,7	30,9	CL	0,7	0,7	12,5	2,5	16,4	16,05	
029/78	7,4	1,3	538	35,2	37,3	27,5	C	1,2	0,4	20,0	2,2	23,7	24,29	
029/80	7	1,8	929	61,3	22,3	16,4	C	1,6	1,6	11,6	5,7	20,5	31,13	
029/85	7,1	4,1	650	29,7	44,6	25,7	SCL	0,7	0,5	12,0	2,8	16,0	16,48	
029/86	6,9	1,4	347	29,9	41,5	28,7	CL	0,5	0,5	7,6	2,9	11,6	17,45	
037/106	6,3	1,6	448	31,3	33,4	35,3	CL	0,7	0,3	8,5	2,5	12,0	12,36	
037/107	6,8	1,2	498	24,8	46,1	30,1	SCL	0,7	0,3	9,4	2,3	12,7	14,98	
037/108	5,8	1,7	291	29,9	30	40,1	CL	0,6	0,3	6,2	3,0	10,1	14,65	
037/109	5,7	1,9	181,8	31,3	35,1	33,6	CL	0,7	0,2	7,1	3,0	10,9	18,74	
039/59	6,6	1,2	610	36,6	28,7	34,7	CL	0,7	0,6	11,5	7,5	20,3	24,96	
039/60	6,6	1,7	620	33,3	30	36,7	CL	0,7	0,9	10,2	6,9	18,7	18,72	
040/116	6,6	1,1	354	23	48,1	28,9	SCL	0,4	0,1	9,5	3,0	13,1	16,88	
040/117	4,8	1,9	305	30,9	30,6	38,6	CL	1,0	0,3	10,3	2,8	14,3	14,62	
040/118	7,1	0,9	310	27,4	47,8	24,7	SCL	0,3	0,5	16,0	2,7	19,5	22,89	
040/119	5,5	1,5	231	28,6	36,7	34,7	CL	0,4	0,3	13,7	4,0	18,4	24,62	
040/122	6,5	1	250	29,3	33,6	37,2	CL	0,6	0,3	14,8	3,6	19,2	19,12	
040/124	4,6	1,2	333	26,8	41,9	31,3	L	0,9	0,3	6,1	2,2	9,4	10,46	
040/127	5,2	1,6	154	24,4	45,4	30,1	L	1,4	0,2	10,5	2,1	14,2	14,16	
041/142	5,8	2,4	351	39,7	32	28,3	CL	0,7	0,3	10,6	8,2	19,8	25,64	
041/143	5,3	1,6	360	44,4	29,2	26,4	C	0,6	0,4	20,4	3,2	24,6	29,65	
041/145	6,5	1,4	290	24,6	30,7	44,7	L	0,3	0,3	12,2	3,7	16,6	17,3	
053/114	4,7	1,6	200	28,9	35,9	35	CL	2,9	0,6	8,5	2,9	14,9	19,89	
053/115	5,2	1,7	228	31,3	37,2	31,6	CL	3,8	0,3	7,2	2,4	13,8	13,13	
003/1	7,2	174,1	1,1	17,3	48,4	34,3	L	1,0	0,4	5,9	1,3	8,6	12,05	
003/2	6,9	239	0,78	20,6	37,4	42	L	0,9	0,5	5,2	1,1	7,7	9,18	
003/3	7,8	195	1,1	22,4	32,2	45,4	L	0,9	0,3	10,7	0,2	12,1	14,1	

Πίνακας 3: Ποσότητες ανταλλαξιμων κατιόντων των δειγμάτων και το ηλεκτρικό φορτίο αυτών, C.E.C.

ΚΩΔΙΚΟΣ	pH 1/1 H <sub>2</sub> O	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %	EC μS/sm	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			Κ <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> /kg			Mg <sup>2+</sup>	CEC(cmol <sub>c</sub> /kg)
				ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ		Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>			
						ΤΥΠΟΣ						Αθροισμα Οξ.νάτριο
003/4	7,4	847	2,8	29,4	33,3	37,3	0,5	0,5	16,0		4,4	21,4
003/6	4,7	948	1,18	22,6	30,7	46,7	1,2	0,4	3,0		0,8	5,4
019/8	8	264	1,8	17,3	64,7	18	0,4	0,3	23,1		2,2	26,0
031/30	6,8	1,2	250	28,4	41,2	30,4	0,5	1,0	12,2		0,5	14,3
031/36	7,6	0,9	350	27,6	42,4	30	0,6	0,5	34,4		1,2	36,7
031/37	8,3	1,9	238	20,9	52	27,1	0,3	0,4	21,9		0,7	23,3
031/38	8,1	1,3	313	22	54,4	23,6	0,7	0,6	11,3		1,1	13,6
031/39	8	1,5	325	28,9	37,8	33,3	0,4	0,3	29,5		2,1	32,3
029/2	8,1	1,7	377	43,3	22,7	34	0,8	1,2	32,8		1,8	36,5
029/10	8	1,3	299	38,4	20,7	40,9	1,4	0,5	13,5		1,4	16,7
029/11	7,9	1,1	321	29,9	34,3	35,8	1,0	0,4	12,5		1,6	15,4
029/14	7,9	1,9	407	36	26,7	37,3	1,0	0,6	32,9		1,2	35,6
029/15	7,5	2,1	399	34,4	37,4	28,1	0,7	0,8	38,8		3,2	43,4
029/16	7,8	1,8	471	26	44,6	29,4	0,5	0,4	16,9		0,7	18,5
005/51	8	1,7	366	29,3	33,4	37,3	0,5	0,3	18,6		1,3	20,8
005/52	6,9	1,5	214	35,3	35,4	29,3	0,5	0,2	15,2		2,0	18,0
005/53	8	1,2	420	32,9	38,2	28,9	0,6	0,4	15,4		2,0	18,3
015/67	7	0,8	305	21,4	48,2	30,4	0,8	0,4	6,2		1,5	8,8
015/68	7,8	1,1	366	18,9	55,4	25,6	0,3	0,4	8,1		0,6	9,3
015/69	6,6	1,1	349	27,3	30,7	42	0,8	0,4	8,6		1,5	11,3
015/70	6,8	1,3	303	21	40,9	38,2	0,5	0,3	7,5		1,3	9,6
015/71	7	1,1	420	18,4	48,9	32,7	0,5	0,5	3,5		1,5	5,9
015/72	7,8	1,9	324	19,3	49,8	30,9	0,6	0,4	12,0		1,8	14,7
015/73	8	0,9	240	16,3	53,4	30,3	0,7	0,4	16,1		1,3	18,4
015/74	7,2	1,1	312	31,5	42	26,5	0,7	0,4	6,9		1,4	9,4
015/75	7,5	1,2	313	27,2	27,3	45,5	0,4	0,7	10,6		2,2	14,0
010/77	6	1,9	560	26,7	43	30,3	0,6	0,3	6,9		3,4	11,2
010/78	5,9	1,8	374	31,7	28,2	40,4	0,6	0,3	10,4		7,5	18,8
010/79	6,8	1,9	251	29,9	22,7	47,4	0,7	0,3	32,6		2,3	35,9
010/80	7,9	1,7	514	43,1	20,3	36,6	0,9	0,5	14,6		9,3	25,2
010/82	7,8	1,9	835	20,6	54,7	24,7	0,9	0,4	25,3		2,4	29,0
010/83	7,8	1,8	534	25,4	50,6	24	1,0	0,6	22,3		2,6	20,5

Πίνακας 3: Ποσότητες ανταλλαξιμων κατιόντων των δειγμάτων και το ηλεκτρικό φορτίο αυτων, C.E.C.

ΚΩΔΙΚΟΣ	pH 1/1 H <sub>2</sub> O	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %	EC μS/sm	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ				Κ <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> /kg			Mg <sup>2+</sup>	CEC (cmol <sub>c</sub> /kg)	
				ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΤΥΠΟΣ		Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>			Άθροισμα	Οξ.νάτριο
010/84	7,7	1,4	555	37,1	43,4	19,4	CL	0,7	0,3	10,6		7,5	19,0	24,97
010/85	6,3	1,1	351	24,6	47,8	27,6	L	0,6	0,6	10,4		1,0	12,6	13,03
017/86	7,7	1,8	353	31,3	23,5	45,3	CL	0,7	0,3	12,4		1,8	15,3	16,29
017/88	7,5	1,6	383	26,7	35,4	37,9	L	1,2	0,5	10,2		2,0	13,9	24,88
017/89	7,9	1,5	389	29,4	22	48,6	CL	0,8	0,4	12,0		0,6	13,8	15,1
017/90	7,8	2	398	22,6	45,6	31,8	L	0,7	0,4	10,2		1,9	13,2	19,97
017/91	7,8	1,6	359	33,5	22,6	43,9	CL	0,8	0,4	7,8		2,1	11,1	17,67
017/92	7,9	1,5	336	30,2	28,6	41,2	CL	2,1	0,4	8,0		3,0	13,4	13,63
017/93	7,5	1,3	387	32,3	20,3	44,8	CL	0,8	0,4	7,9		2,9	12,0	15,65
017/94	7,6	1,3	432	33,9	25,1	42,3	CL	0,5	0,5	8,1		3,0	12,1	19,88
034/57	8,1	1,3	452	30,6	39,4	30	CL	0,9	0,7	15,9		2,1	19,6	19,5
034/58	8,1	1,6	332	35,6	26,5	37,9	CL	1,1	0,4	12,2		3,0	16,6	18,5
034/59	7,7	1,1	336	25,3	41,3	33,4	C	1,0	0,9	26,3		5,3	33,5	36,9
034/61	8	1	459	41,1	23,5	35,4	C	1,3	0,5	32,5		2,5	36,8	37,1
034/62	8,2	1,5	262	35,3	36,7	28	CL	1,1	0,3	34,2		2,1	37,7	38
034/63	8	1,7	266	33,4	35,5	31,1	CL	1,3	0,3	22,2		2,1	25,8	25,6
034/64	7,9	2,2	260	28,1	50,4	21,6	SCL	1,2	0,6	24,8		1,7	28,3	30,66
034/65	7,7	0,8	432	30,6	38	31,4	CL	1,0	0,2	14,1		2,7	17,9	18,9



# 410C Flame Photometer



Εικόνα 4

**Εικόνα 5 :** Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης Perkin Elmer 3300 με χρήση εξαρτήματος φλόγας.

